



TUGAS AKHIR - RG14 1536

**ANALISA BENCANA TANAH LONGSOR
DENGAN MENGGUNAKAN
UAV-PHOTOGRAMMETRY
(Studi Kasus : Desa Ngrimbi, Kabupaten
Jombang)**

RISKI AZIZ ZAYD
NRP 3510 100 013

Dosen Pembimbing
Agung Budi Cahyono ST, M.Sc, DEA

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL ASSIGNMENT - RG14 1536

ANALYSIS OF LANDSLIDE DISASTER USING UAV-PHOTOGRAMMETRY (Case Study: Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang)

RISKI AZIZ ZAYD
NRP 3510 100 013

Supervisor
Agung Budi Cahyono ST, M.Sc,DEA

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**ANALISA BENCANA TANAH LONGSOR DENGAN
MENGUNAKAN
UAV-PHOTOGRAMMETRY**
(Studi Kasus : Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RISKI AZIZ ZAYD

NRP. 3510 100 013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas

1. Agung Budi Cahyono ST, M.
NIP 1969 0520 1999 03 1002



SURABAYA, JANUARI 2015

ANALISA BENCANA TANAH LONGSOR DENGAN MENGUNAKAN *UAV-PHOTOGRAMMETRY* (Studi Kasus : Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang)

Nama Mahasiswa : Riski Aziz Zayd
NRP : 3510 100 013
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Agung Budi C, ST, Msc.DEA

Abstrak:

Pada tanggal 28 Januari 2014, bencana tanah longsor terjadi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur yang mengakibatkan 14 warga Desa Ngrimbi meninggal di tempat. Bencana terjadi disaat malam hari dimana warga sedang tertidur di dalam rumah, sehingga tidak sempat menyelamatkan diri. Di lokasi tersebut, terdapat lima rumah yang berdekatan dengan bukit. Empat rumah hancur akibat tertimbun tanah longsor. Besarnya longsor tidak diketahui. Untuk itu diperlukan sebuah penelitian yang dapat mengetahui besaran dampak longsor dari bencana tanah longsor. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektifkah penggunaan *UAV-Photogrammetry* dalam mengetahui besaran tanah longor yang telah terjadi. Penelitian ini menghasilkan peta bencana tanah longsor dan jumlah volume longsor. Besaran volume yang didapat *UAV-Photogrammetry* sebesar 10527,032 m³ sedangkan perhitungan volume yang dilakukan dengan menggunakan pengukuran teristrial sebesar 11491,708 m³. Dari kedua metode tersebut didapatkan selisih sebesar 964.676 m³. Pada penelitian ini, pengambilan data *UAV-Photogrammetry* membutuhkan waktu dan sumber daya manusia lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode teristrial tetapi biaya pelaksanaan yang lebih mahal.

Kata Kunci: *UAV-Photogrammetry, teristrial, fotogrametri, volume.*

ANALYSIS OF LANDSLIDE DISASTER USING UAV- PHOTOGRAMMETRY

(Case Study: Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang)

Name : RISKI AZIZ ZAYD
NRP : 3510 100 013
Department : Geomatics Engineering
Supervisor : Agung Budi C, ST, Msc, DEA

Abstract:

On 28th of January 2014 in Jombang, East Java. 14 villagers in total were dead on the spot. When the incident happened, residents were resting in their house, where there were not enough time to save themselves. On the location, there were five houses adjacent to the cliff. Four houses were destroyed due to landslides. The volume collapsed during the landslide remains unidentified.

Photogrammetry can help in measuring volume collapsed during landslides. This study was conducted to determine how effective the use of UAV-Photogrammetry in measuring the amount of land that collapsed. Compared with the terrestrial method. This research resulted orthophoto map landslides, as well as counting the number of collapsed volume. The amount of volume obtained by UAV-Photogrammetry method is 10527.032 m³. as a comparison, the volume calculation obtained by terrestrial method is 11491.708 m³. Different volume is 964 676 m³. In this case the data retrieval process done by UAV needs less time and human resources than terrestrial.

Keywords: UAV-Photogrammetry, terrestrial, photogrammetry, volume.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir dengan judul “ANALISA BENCANA TANAH LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN UAV-PHOTOGRAMMETRY (Studi Kasus : Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang)” semoga dapat memberi kontribusi nyata, khususnya untuk keperluan perhitungan volume dalam bidang apapun.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan laporan ini.

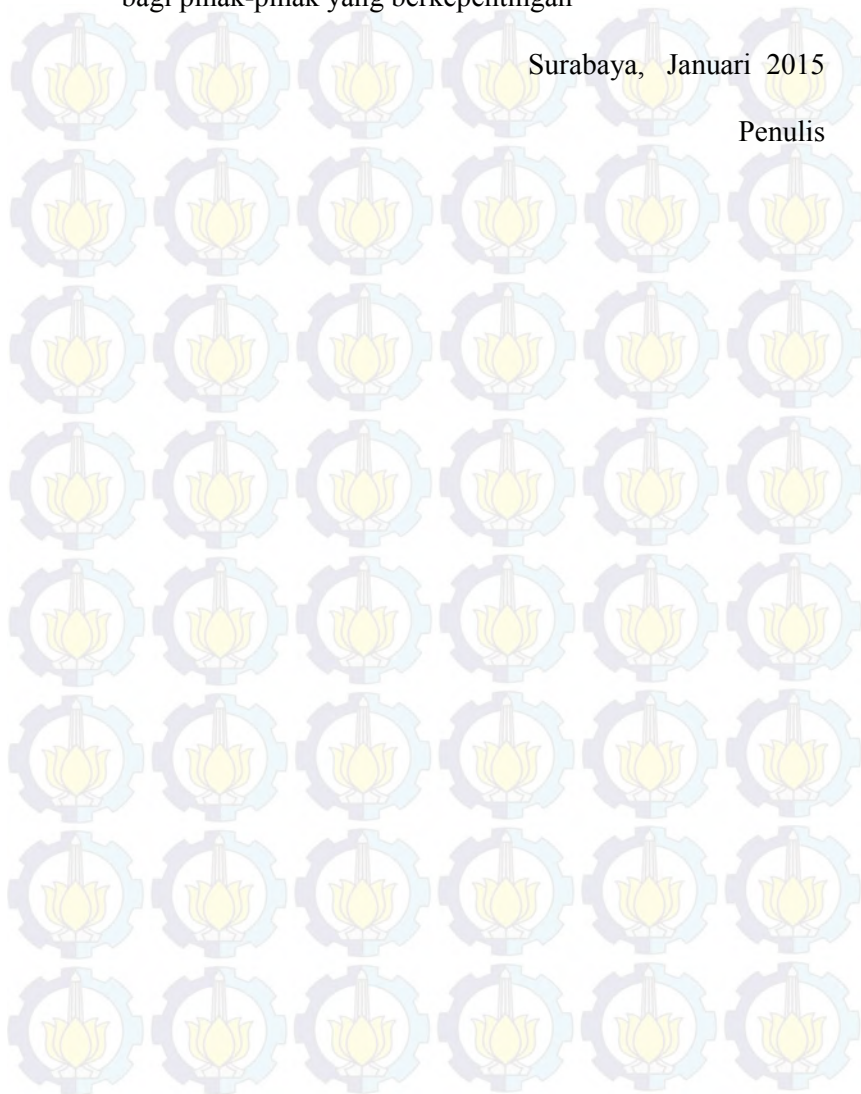
Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak sehingga dapat diselesaikan tepat waktu. Untuk itu penulis sangat berterimakasih kepada :

1. Kedua Orang tua dan keluarga besar penulis yang senantiasa membantu, berdoa, memotivasi, serta kasih sayang yang diberikan,
2. Bapak Dr. Ir. M. Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS,
3. Bapak Khomsin,ST, MT selaku Dosen koordinator Tugas Akhir,
4. Bapak Agung Budi C,ST,M.Sc,DEA selaku Dosen Pembimbing
5. Bapak Kepala Desa Ngrimbi kecamatan Baren kabupaten Jombang.
6. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geomatika ITS atas segala ilmu dan bimbingan selama kuliah,
7. Semua pihak yang telah membantu proses penyusunan laporan ini, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat
bagi pihak-pihak yang berkepentingan

Surabaya, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

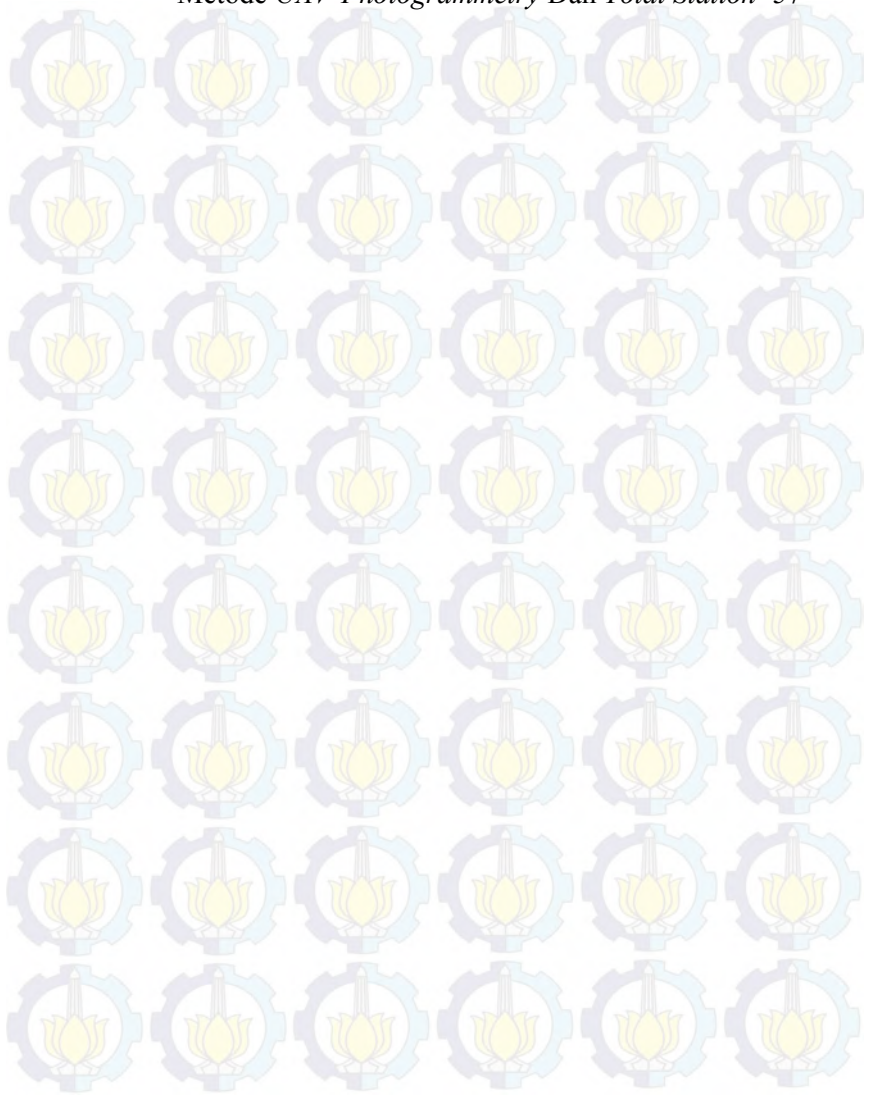
Halaman Judul	i
Abstrak	v
Lembar Pengesahan	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Lampiran	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJUAN PUSTAKA	5
2.1 Fotogrametri	5
2.2 Foto Udara	6
2.2.1 Pemotretan Udara Tegak (<i>Vertical</i>)	6
2.2.2 Pemotretan Udara Miring/Condong (<i>Oblique</i>)	7
2.2.3 Pemotretan Udara Sangat Miring (<i>High Oblique</i>)	7
2.3 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) Fotogrametri	7
2.3.1 Definisi <i>Quadcopter</i>	8
2.4 Kamera Non Metrik	9
2.4.1 Canon Powershot SX260 HS	10
2.5 Kalibrasi Kamera Non Metrik	11
2.6 Koreksi Geometrik	14
2.7 Tanah Longsor	15
2.8 <i>Struktur From Motion</i> (SFM)	16
2.9 <i>Collinearity</i>	16
2.10 <i>Coplanarity Condition</i>	18
2.11 <i>Multi-View Stereo Quality Filter</i>	19
2.12 <i>Point Clouds</i>	20
2.13 <i>Sparse Point dan Dense Point Cloud</i>	20

2.14	Rekonstruksi Permukaan dan <i>Modeling</i>	21
2.15	Metode Tachymetri	22
2.16	<i>Digital Surface Model (DSM)</i>	23
2.16.1	Jenis – jenis DSM.....	23
2.17	Volume.....	24
2.17.1	Metode Grid	24
2.18	Penelitian Terdahulu	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Lokasi Penelitian.....	27
3.2	Data dan Peralatan	27
3.2.1	Data	27
3.2.2	Peralatan	28
3.3	Metode Penelitan.....	28
3.4	Metode Pekerjaan	30
3.4.1	Metode Kalibrasi Kamera	30
3.4.2	Metode UAV-Photogrammetry	32
3.4.3	Metode Pengukuran Total Station.....	34
3.4.4	Diagram Alir Seluruh Pengolahan.....	36
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		39
4.1	Hasil.....	39
4.1.1	Kalibrasi Kamera.....	39
4.1.2	Pengambilan Data GPS	39
4.1.3	Pengambilan Data Dengan Menggunakan Metode Tachymetri	40
4.1.4	<i>UAV-Photogrammetry</i>	41
4.2	Analisa	50
4.2.1	Perbandingan Pelaksanaan Pengukuran	50
4.2.2	Biaya Pelaksanaan Pengukuran	51
4.2.3	Perhitungan Volume	51
4.2.4	Faktor Penyebab Perbedaan Volume	52
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Foto Udara Berdasarkan Sudut Pemotretan dan Ukuran Foto Udara	6
Gambar 2.2 Wahana Pesawat Quadcopter	9
Gambar 2.3 Prinsip Kesegaran	17
Gambar 2.4 Ilustrai Pemilihan Titik.....	19
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Terletak Pada Desa Ngrimbi Kabupaten Jombang	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Kalibrasi Kamera	30
Gambar 3.3 Diagram Alir <i>UAV-Photogrammetry</i>	32
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengukuran <i>Total Station</i>	34
Gambar 3.5 Diagram Alir Seluruh Pengolahan	36
Gambar 4.1 Model DSM Wilayah Longsor Hasil Dari Pengukuran <i>Total Station</i>	41
Gambar 4.2 Kontur Dari Pengukuran Teristrial	41
Gambar 4.3 Peta Foto Hasil Dari <i>UAV-Photogrammetry</i>	42
Gambar 4.4 Input Foto Pada Workspace	43
Gambar 4.5 Hasil Proses <i>Align Photo</i> Berupa <i>Sparse Point Cloud</i>	44
Gambar 4.6 Hasil Proses <i>Build Dense Cloud</i>	45
Gambar 4.7 Hasil Proses <i>Build Mesh</i>	46
Gambar 4.8 GCP Telah Dikoreksi	47
Gambar 4.9 Hasil Proses <i>Build Texture</i>	48
Gambar 4.10 Hasil Peta Foto	49
Gambar 4.11 Peta Kontur Wilayah Longsor Dari Hasil <i>UAV-Photogrammetry</i>	49
Gambar 4.12 Bentuk DSM dari <i>UAV-Photogrammetry</i>	50
Gambar 4.13 Perbandingan Bentuk DSM dari Metode Teristrial (a) Dan <i>UAV-Photogrammetry</i> (b)	54
Gambar 4.14 Grafik Profil Memanjang dengan Menggunakan <i>Total Station</i>	55
Gambar 4.15 Grafik Profil Memanjang dengan <i>UAV-Photogrammetry</i>	56

Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Profil Memanjang antara
Metode *UAV-Photogrammetry* Dan *Total Station* 57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fitur Pengukuran <i>Aerial</i> , Jarak Dekat, <i>UAV-Photogrammetry</i>	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Kamera Canon SX260 HS	11
Tabel 4.1 Hasil Dari Kalibrasi Kamera <i>Canon SX260</i>	39
Tabel 4.2 Koordinat Titik Kontrol Pengukuran Teristris	40
Tabel 4.3 Koordinat Hasil Pengukuran Titik GCP	40
Tabel 4.4 Perbandingan Antar Metode Pengukuran <i>UAV-Photogrammetry</i> Dan Teristrial	50
Tabel 4.5 Rincian Biaya <i>UAV-Photogrammetry</i>	51
Tabel 4.6 Rincian Biaya Teristrial	51
Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Data dari Dua Metode	52
Tabel 4.8 Hasil Volume Pengurangan Titik Pada Metode <i>UAV-Photogrammetry</i>	53
Tabel 4.9 Perbedaan Elevasi Tertinggi dan Terendah dari Kedua Metode	55

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Data Pengukuran *Total Station*

LAMPIRAN B Foto Hasil Pengambilan *UAV-Photogrammetry*

LAMPIRAN C Peta



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana tanah longsor sering terjadi di Indonesia, salah satunya pada tanggal 28 Januari 2014 bencana tanah longsor terjadi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Sebanyak 14 warga Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang, Jawa Timur, korban meninggal dunia dan 4 rumah tertimbun tanah longsor.

Fotogrametri adalah sebuah proses untuk memperoleh informasi mengenai sebuah obyek melalui pengukuran yang dibuat pada hasil foto udara sebuah obyek. Sedangkan interpretasi foto didefinisikan sebagai ekstraksi dari informasi kualitatif mengenai foto udara dari sebuah obyek oleh analisis visual manusia dan evaluasi fotografi. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana baik berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana yang lainnya (Sutanto 1987). Terminologi baru menggunakan pesawat tanpa awak atau yang biasa disebut UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan platform yang mendukung untuk pengukuran fotogrametri. UAV standar ini memungkinkan untuk melakukan pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global (Eisenbeiss 2009). UAV memiliki keefektifan yang tinggi. Dari segi biaya dan waktu lebih cepat dibandingkan dengan pesawat konvensional. Sehingga cocok diterapkan pada pemetaan yang memiliki ruang lingkup yang kecil.

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah hasil dari pemotretan foto udara dari kamera non metrik yang dipasang pada wahana *Quadcopter* dengan menggunakan *UAV-Photogrammetry* untuk dilakukan *rapid mapping* (pemetaan cepat) sebagai pemetaan bencana longsor yang terjadi di Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang. Data yang

dapat didapatkan adalah data foto yang nantinya dapat diolah menjadi peta foto. Dimana peta foto adalah gambar yang menunjukkan gambar objek dalam kedudukan yang sebenarnya kemudian dilakukan pembuatan DSM (*Digital Surface Mode*) serta volume menjadi hasil akhir yang didapat dari penelitian ini.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana memetakan daerah bencana tanah longsor di Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang dengan menggunakan metode *UAV-Photogrammetry* ?
2. Bagaimana menganalisis volume dengan menggunakan metode *UAV-Photogrammetry* dan teristrial ?
3. Bagaimana keefektifitas biaya, waktu dan, SDM (Sumber Daya Manusia) pada pemetaan cepat (*Rapid Mapping*) dengan metode *UAV-Photogrammetry* dibanding pemetaan teristrial untuk pemetaan bencana longsor di Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa yang dimaksud adalah menghitung volume longsor bencana,
2. Wahana yang digunakan adalah satu set *Quadcopter*,
3. Pengambilan data menggunakan kamera poket non metrik digita,
4. Data pengukuran teristris dengan *Total station*,
5. Penelitian ini dilakukan pada Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang seluas $\pm 3987,72 \text{ m}^2$.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memetakan daerah bencana longsor di Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang dengan metode *UAV-Photogrammetry*.
2. Menghitung dan menganalisa volume longsor yang terjadi pada bencana longsor di desa Ngrimbi, kabupaten Jombang dengan *UAV-Photogrammetry*
3. Menganalisa keefektifitas pemetaan cepat (*Rapid Mapping*) dengan menggunakan *UAV-Photogrammetry* sebagai salah satu pemetaan bencana dalam lingkup waktu, biaya dan SDM.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini yang berupa peta bencana tanah longsor dapat memberikan sebuah informasi akibat terjadinya bencana tersebut.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Fotogrametri

Fotogrametri adalah sebuah proses untuk memperoleh informasi mengenai sebuah obyek melalui pengukuran yang dibuat pada hasil foto udara sebuah obyek. Sedangkan interpretasi foto didefinisikan sebagai ekstraksi dari informasi kualitatif mengenai foto udara dari sebuah obyek oleh analisis visual manusia dan evaluasi fotografi (Wolf 1993).

Bedasarkan definisi tersebut, maka pekerjaan fotogrametri dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a) *Metric Photogrammetry*

Metric Photogrammetry adalah suatu pengukuran/pengamatan presisi yang sangat teliti dengan hitungan-hitungannya untuk menentukan ukuran dan bentuk suatu objek.

b) Fotogrametri Interpretasi

Adalah suatu kegiatan-kegiatan pengenalan dan identifikasi suatu objek.

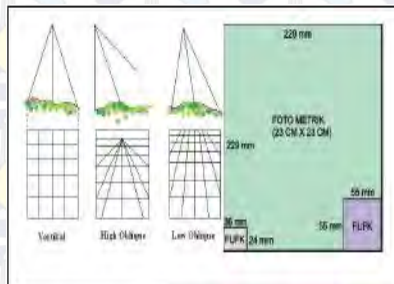
Fotogrametri metrik diterapkan terutama dalam penyusunan planimetrik dan peta topografi dari foto. Foto-foto tersebut lebih sering menggunakan foto udara (yang diambil dari pesawat terbang), tapi foto terestris (yang diambil dari permukaan bumi dengan kamera) juga dapat digunakan. Sedangkan untuk fotogrametri interpretatif termasuk dalam cabang interpretasi fotografi dan penginderaan jauh. Interpretasi fotografi melibatkan sistematis studi gambar fotografi yang bertujuan untuk identifikasi objek dan penilaian signifikansinya. Penginderaan jauh merupakan cabang baru dari fotogrametri interpretatif seperti penafsiran fotografi yang digunakan untuk mengenali objek dan mengidentifikasi objek tanpa kontak fisik secara langsung. Pemetaan secara fotogrametrik tidak dapat lepas

dari referensi pengukuran secara teristris, mulai dari penetapan *ground controls* (titik dasar kontrol) hingga kepada pengukuran batas tanah. Batas-batas tanah yang diidentifikasi pada peta foto harus diukur di lapangan

2.2 Foto Udara

Foto udara adalah sebuah gambar (bayangan fotografi) yang dicetak pada media kertas foto (positif, negatif, diapositif) yang dihasilkan dari hasil pemotretan secara fotografi (Wicaksono 2009). Pemotretan foto udara terdapat beberapa jenis, yaitu :

1. Pemotretan Udara Tegak (*Vertical*)
2. Pemotretan Udara Miring/Condong (*Oblique*)
3. Pemotretan Udara Sangat Miring (*High Oblique*)



Gambar 2.1 Tipe foto udara berdasarkan sudut pemotretan dan ukuran foto udara (Sumber : Santoso 2001)

2.2.1 Pemotretan Udara Tegak (*Vertical*)

Pemotretan udara secara tegak ini dapat dikatakan bahwa pemotretan dilakukan dengan posisi pesawat udara yang membawa kamera melakukan pemotretan secara tegak lurus dengan permukaan bumi. Posisi kamera yang tegak lurus didapatkan dengan sudut kemiringan dibawah 1 derajat. Maka akan menghasilkan foto udara dengan pemotretan secara *vertical* (Wicaksono 2009).

2.2.2 Pemotretan Udara Miring/Condong (*Oblique*)

Pemotretan udara secara miring atau *oblique*. Pemotretan ini dilakukan dengan posisi antara pesawat udara yang membawa kamera (sumbu lensa kamera) dengan permukaan bumi memiliki sudut yang agak miring (untuk pemotretan agak miring atau *low oblique*) dan dengan kemiringan tertentu (untuk pemotretan miring atau *oblique*). Pemotretan udara secara miring ini memiliki karakter hasil foto udara terlihat agak miring dan atau miring, namun batas cakrawala atau *horizon* tidak terlihat (Wicaksono 2009).

2.2.3 Pemotretan Udara Sangat Miring (*High Oblique*)

Pemotretan udara sangat miring atau *high oblique*. Sedikit berbeda dengan pemotretan udara miring. Perbedaan yang terlihat pada pemotretan udara sangat miring atau sangat miring antara pemotretan udara miring adalah terlihat atau tidaknya garis batas cakrawala atau batas *horizon*. Namun, perbedaan lain adalah sudut pengambilan gambar pada *optical axis*-nya yaitu poros sumbu optik-nya, sehingga batas cakrawala bisa ikut terpotret (Wicaksono 2009).

2.3 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fotogrametri

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah teknologi kendaraan udara tak ber-pilot yang dikendalikan dari jarak jauh baik semi-otomatis maupun secara otomatis. Terminologi terbaru UAV fotogrametri menjelaskan bahwa platform ini dapat beroperasi dan dikendalikan dari jarak jauh baik secara semi-otomatis maupun otomatis tanpa perlu pilot duduk di kendaraan. UAV standar saat ini memungkinkan pendaftaran, pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global. Oleh karena itu teknologi UAV fotogrametri ini dapat dipahami sebagai alat pengukuran fotogrametri terbaru (Eseinbeiss 2008).

Tabel 2.1 Fitur Pengukuran *Aerial*, Jarak Dekat, *UAV-Photogrammetry*

Point	Aerial	Jarak dekat	<i>UAV-Photogrammetry</i>
Perencanaan	Semi-otomatis	Manual	Otomatis-manual
Akuisisi data	Manual	Otomatis/Manual	Otomatis/Manual
Ukuran Luas Wilayah	km ²	mm ² – m ²	m ² – km ²
Resolusi Gambar/GSD	cm-m	mm – dm	mm – m
Jarak ke Objek	100 m – 10 km	cm – 300 m	m – km
Orientasi	Normal/Miring	Normal/Miring	Normal/Miring
Nilai Akurasi	cm – dm	mm – m	cm – 10 m
Jumlah Pemindaian	10 – 1000	1-500	1 – 1000
Pengaplikasian	Wilayah skala besar	Wilayah skala kecil	Wilayah skala besar dan kecil

(Sumber : Esienbeiss 2009)

2.3.1 Definisi *Quadcopter*

Quadcopter adalah pengembangan dari *helicopter* yang hanya memiliki sebuah *rotor*, teknologi yang terdapat pada *quadcopter* ini menggunakan sinkronisasi antara keempat *rotor* yang dikonfigurasi dalam bentuk frame plus (+) dimana *rotor* depan dan belakang berputar searah jarum jam, sedangkan *rotor* sebelah kanan dan kiri bergerak berlawanan arah jarum jam. *Quadcopter* dapat melakukan *take off* dan *landing* secara vertikal (Kardono 2012).



Gambar 2.2 Wahana pesawat quadcopter

Dua pasang baling-baling (1,4) dan (2,3) berputar dengan arah yang berlawanan. Dengan memvariasikan kecepatan *rotor*, dapat mengubah gaya angkat dan menciptakan gerak. Dengan demikian, meningkatkan atau menurunkan kecepatan keempat baling-baling bersama-sama menghasilkan gerakan vertikal. Mengubah kecepatan baling-baling 2 (kiri) dan 3 (kanan) akan menghasilkan gerakan *rotasi roll* ditambah dengan gerakan *translasi* terhadap sumbu y sedangkan mengubah kecepatan baling-baling 1 (depan) dan 4 (belakang) akan menghasilkan gerakan *rotasi pitch* ditambah dengan gerakan *translasi* terhadap sumbu x (Kardono 2012).

2.4 Kamera Non Metrik

Kamera metrik dilengkapi dengan titik-titik diketahui koordinatnya yang biasa disebut sebagai titik *Fiducial Mark*. Kamera ini dipakai sebagai acuan atau referensi dalam pengukuran dimensi objek. Jenis foto lainnya adalah foto non-metrik, yaitu foto yang dihasilkan dari kamera non-metrik (kamera biasa). Biasanya ukuran foto yang dihasilkan lebih kecil dari foto metrik. Kamera ini biasa dipakai untuk keperluan pengambilan foto secara umum (Fryer 1985).

Kamera non metrik pada umumnya tidak ditujukan untuk kepentingan fotogrametri. Tetapi kamera non metrik memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

- Banyak tersedia dengan harga yang lebih murah bila dibandingkan kamera metrik.
- Tidak berat dan bisa digunakan dengan tangan.
- Lensa dapat diganti dan dapat fokus untuk semua jarak objek.

Dapat menggunakan roll film atau digital yang menghemat biaya produksi hasil foto.

2.4.1 Canon Powershot SX260 HS

Canon menawarkan kamera jajaran SX Series terbarunya yang tetap mempertahankan desain compact namun memiliki lensa zoom yang panjang. Canon PowerShot SX260HS adalah kamera baru dari Canon yang memiliki resolusi 12.1 Megapixel dengan kemampuan zoom optical 20x. Meskipun ukurannya ringkas, kamera ini sudah dilengkapi dengan image processor terbaru Canon yaitu DIGIC5 yang mendukung teknologi HS system dan *Intelligent ISO*. Fitur andalan berikutnya adalah lensa dengan rentang 25mm yang mampu memanjang hingga 500mm (20x *optical zoom*). zoom kamera ini dapat dioptimalkan hingga 39x dengan bantuan digital zoom. Dan berkat didukung intelligent IS, hasil foto bebas kabur pada kondisi zoom maksimum sekalipun. Teknologi Intelligent IS ini memang terbilang baru di jajaran kamera Canon. Yang membedakannya, *Intelligent ISO* ini memiliki 7 pilihan yang dapat disesuaikan dengan kondisi pengambilan gambar sehingga foto yang dihasilkan dalam berbagai situasi tetap tajam meskipun dalam kondisi zoom maksimal tanpa bantuan tripod (www.usa.canon.com).

Tabel 2.2 Spesifikasi Kamera Canon SX260 HS

Sensor	12.1 Megapixel - 1/2.3" BSI-CMOS Sensor
	Digic 5 Image Processor
Movie	1920x1080p (Full HD)-24 fps
	with sound (mono)
File Formats	JPEG
	Move: H.264
Image Stabilizer	Yes. Intelligent IS
Lensa	25-500 mm
Diafragma	F3.5 - F6.8
Zoom	20x optical zoom
	4x digital zoom
ISO sensitivity	Auto. 100 – 3200
Konektivitas	USB2.0. mini HDMI. EyeFi (Wifi)
LCD monitor	3.0 inci Purecolor II TFT
	460.000 dotpixels
Memori	SD/SDHC/SDXC card
Baterai	Lithium-Ion NB-6L Rechargeable
Berat	231 g
Dimensi	106 x 61 x 33 mm

(Sumber: www.canon.usa.com)

2.5 Kalibrasi Kamera Non Metrik

Untuk apapun aplikasi fotogrametri, akurasi dari data objek yang dihasilkan sangat tergantung kalibrasi kamera. Sebuah kamera dianggap telah terkalibrasi jika jarak fokus, offset titik pusat foto, dan parameter distorsi kamera telah diketahui. Dalam banyak aplikasi, terutama computer

vision, hanya jarak fokus yang diketahui sementara untuk keperluan fotogrametri yang sangat teliti semua parameter kalibrasi digunakan (Kavzoglu dkk, 2008).

kalibrasi kamera, di akan memperoleh unsur-unsur dari orientasi dalam, yang terdiri dari :

a. Jarak Utama

Jarak utama adalah jarak tegak lurus antara titik pusat lensa (titik fokus) dengan bidang proyeksi sensor kamera. Umumnya dari metadata sebuah foto digital dapat diketahui panjang fokusnya, namun nilainya belum tentu sama dengan jarak utama yang diperlukan dan merupakan nilai pendekatan dari pabrik pembuat kamera tersebut. Untuk pekerjaan fotogrametri dibutuhkan nilai yang pasti dari jarak utama ini, karena akan berhubungan dengan hasil pengukuran obyek, sehingga diperlukan kalibrasi kamera.

b. Posisi titik utama foto (X_p , Y_p)

Titik utama adalah titik hasil proyeksi tegak lurus titik pusat perspektif (titik pusat proyeksi) pada bidang foto. Posisi ini dinyatakan dengan X_p dan Y_p yang merupakan koordinat titik utama dalam sistem koordinat foto. Sistem koordinat foto adalah sistem koordinat yang berpangkal pada titik pusat foto, dimana sumbu X positif adalah garis lurus yang menghubungkan dua titik yang berhadapan pada sebuah foto (sejajar arah jalur pemotretan). Sedangkan sumbu Y positif adalah tegak lurus berlawanan arah jarum jam dari sumbu X positif.

c. Distorsi lensa

Distorsi lensa dapat menyebabkan bergesernya titik citra pada foto dari posisi yang sebenarnya, sehingga akan memberikan ketelitian pengukuran yang kurang baik. Distorsi lensa tidak akan mempengaruhi kualitas ketajaman foto yang dihasilkan. Namun untuk

pekerjaan fotogrametri, besarnya distorsi tak dapat diabaikan

1. Distorsi Radial

Distorsi radial merupakan salah satu komponen yang paling dominan mempengaruhi kualitas geometrik foto. Distorsi radial adalah pergeseran linear titik-titik pada foto dalam arah radial terhadap titik utama dari posisi idealnya. Distorsi radial menyebabkan posisi gambar mengalami distorsi sepanjang garis radial dari titik utama. Distorsi radial ke arah luar dianggap positif dan distorsi radial ke arah dalam dianggap negatif. Distorsi radial positif sering disebut *pincushion distortion*, pada distorsi ini gambar yang semula berbentuk persegi setelah mengalami distorsi sisi-sisinya akan melengkung ke arah pusat gambar. Sedangkan distorsi radial negatif disebut *barrel distortion*, pada distorsi ini gambar berbentuk persegi, sisi-sisinya akan melengkung ke arah luar menjauhi titik pusat gambar. Distorsi radial dideskripsikan sebagai fungsi polinom dari jarak radial (Δr) terhadap titik utama foto, sebagai berikut

Distorsi radial (K_1, K_2, K_3)

$$\Delta r = K_1 r^3 + K_2 r^5 + r^7 \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

K_i = Koefisien parameter distorsi radial ($i = 1, 2, 3, \dots$)

Δr = Besarnya distorsi radial

r = Jarak radial titik citra terhadap titik utama dengan nilai sebagai berikut,

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

(x, y) = Posisi titik pada foto

$(X_0 Y_0)$ = Posisi titik utama foto

dimana, r adalah besarnya distorsi radial lensa; $k1$, $k2$, $k3$ adalah parameter distorsi radial; r adalah jarak radial. Karakteristik distorsi radial lensa kamera dapat diketahui melalui kalibrasi kamera, jika karakteristik distorsi radial diketahui maka posisi objek pada foto dapat dikoreksi.

2. Distorsi Tangensial

Lensa kamera non-metrik merupakan gabungan dari beberapa lensa yang memiliki titik pusat yang berbeda. Terjadinya kesalahan dalam mengatur titik pusat lensa pada gabungan lensa (*centering*) menyebabkan terjadinya distorsi tangensial yang disebut juga *decenteric distortion*

Distorsi tangensial ($P1$, $P2$).

$$\begin{aligned}\Delta x &= P_1[r^2 + 2(x - x_0)^2] + 2P_2(x - x_0)(y - y_0) \\ \Delta x &= P_2[r^2 + 2(y - y_0)^2] + 2P_2(x - x_0)(y - y_0)\end{aligned}\quad (2.5)$$

Keterangan :

ΔX = Pergeseran pada arah X

ΔY = Pergeseran pada arah Y

$P_1 P_2$ = Parameter distorsi tangensial

$(X_0 Y_0)$ = Posisi titik utama foto

r = Jarak radial titik citra terhadap titik utama foto

2.6 Koreksi Geometrik

Menurut Purwadhi (2001), koreksi geometrik adalah pembetulan geometrik citra yang dilakukan dengan perhitungan matematika dengan menjadikan lokasi titik ditanah sebagai salah satu fungsi matematis. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu :

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi.
2. Registrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain.
3. Registrasi citra ke peta atau transformasi koordinat citra ke peta yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Akurasi koreksi geometrik biasanya disajikan oleh standar deviasi (*Root Mean Square = RMS*) per unit piksel pada citra. Akurasi seharusnya \pm satu piksel, jika kesalahan lebih besar dari persyaratan, koordinat pada citra dan peta di recek atau kalau tidak pemilihan rumus diulangi (Purwadhi 2001).

Kuadrat dari standar deviasi (σ^2) disebut dengan varian atau *mean square error* dan konsekuensinya, kerap kali disamakan arti dengan *Root Mean Square Error* (RMSE).

2.7 Tanah Longsor

Tanah longsor (*landslide*) adalah Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut. Air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Terjadinya disebabkan oleh jika 3 (tiga) keadaan, yaitu:

1. lereng cukup curam, dimana kelerengan bisa mencapai sudut 45° bahkan lebih,
2. terdapat bidang peluncur yang kedap air dibawah permukaan tanah,

3. terdapat cukup air dalam tanah di atas lapisan kedap (bidang lurus) sehingga tanah jenuh air (Paimin 2009).

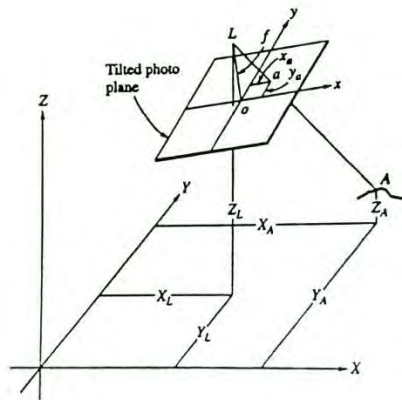
2.8 Structure From Motion (SFM)

Structure from motion (SFM) memiliki kunci pekerjaan yaitu fotogrametri dan *computer vision*. SFM menghitung satu set parameter untuk masing-masing foto disediakan (ekstrinsik dan intrinsik kamera parameter, serta 3D titik awan atau dapat disebut *point clouds*). Ini tidak bergantung pada kamera kalibrasi sebelumnya atau informasi lain untuk menyediakan lokasi, orientasi, atau geometri. Sebaliknya informasi ini dihitung dari gambar itu sendiri. Namun sebagian besar pekerjaan dilakukan secara komputerisasi (Niethammer,dkk 2010).

SFM juga dikenal sebagai kedalaman kinetik, dipelajari oleh Wallach dan psikolog lainnya di bagian awal dari 1,2 abad ini. Namun, sampai saat ini, mekanisme yang bertanggung jawab untuk fenomena persepsi menakjubkan masih terus berkembang (Andersen 1998).

2.9 Collinearity

Pada saat sebuah foto diambil, berkas sinar dari objek akan menjalar menyerupai garis lurus menuju pusat lensa kamera hingga mencapai bidang film atau detektor digital. Kondisi dimana titik objek pada dunia nyata, titik pusat proyeksi, dan titik obyek pada bidang foto harus terletak satu garis dalam ruang dinamakan kondisi kesegaran (*collinearity condition*) berkas sinar. Kondisi ini merupakan dasar dari konsep fotogrametri.



Gambar 2.3 Prinsip Kesegaran
(Sumber : Wolf 1993).

Dalam fotogrametri, posisi dari sebuah objek pada ruang didefinisikan pada sistem koordinat kartesian 3D. Pada awalnya, objek terdefinisi pada sistem koordinat berkas. Kemudian dilakukan transformasi koordinat untuk mendapatkan koordinat objek pada sistem koordinat tanah. Antara kedua sistem koordinat itu terdapat perbedaan orientasi dan skala, sehingga transformasi koordinat terdiri dari translasi, rotasi dan perubahan skala. Pusat dari sistem koordinat berkas merupakan pusat dari lensa kamera, yang dikenal dengan nama pusat perspektif (*perspective center*). Titik pusat lensa kamera diketahui, sehingga berkas sinar dari objek yang melewati pusat lensa kamera akan jatuh pada sebuah titik pada bidang foto yang dapat diketahui koordinat fotonya. x_o , y_o , z_o merupakan titik pusat kamera, x_a , y_a , z_a merupakan koordinat sebuah titik A pada sistem koordinat berkas, dan X_A , Y_A , Z_A merupakan koordinat titik A pada sistem koordinat tanah, maka persamaan kolineraritas adalah :

$$\begin{aligned}
 y_a - y_0 &= -C \frac{m_{21}(x_A - x_L) + m_{22}(Z_A - Z_L) + m_{23}(Y_A - Y_L)}{m_{31}(x_A - x_L) + m_{32}(Z_A - Z_L) + m_{33}(Y_A - Y_L)} \\
 x_a - x_0 &= -C \frac{m_{11}(x_A - x_L) + m_{12}(Z_A - Z_L) + m_{13}(Y_A - Y_L)}{m_{31}(x_A - x_L) + m_{32}(Z_A - Z_L) + m_{33}(Y_A - Y_L)}
 \end{aligned}
 \quad (2.6)$$

Dimana :

x_a, y_a = Koordinat titik A di foto

x_0, y_0 = Koordinat titik utama

X_A, y_A, Z_A = Koordinat titik A di Bumi

C = Panjang fokus kamera

m = Matriks rotasi

R = $R\omega \cdot R\phi \cdot R\kappa$

$$\begin{bmatrix} \cos\omega \cdot \cos\kappa & \sin\omega \cdot \sin\phi \cdot \cos\kappa + \sin\omega \cdot \sin\kappa & -\cos\omega \cdot \sin\phi \cdot \cos\kappa + \sin\omega \cdot \sin\kappa \\ \cos\omega \cdot \sin\kappa & -\sin\omega \cdot \sin\phi \cdot \sin\kappa + \cos\omega \cdot \cos\kappa & \cos\omega \cdot \sin\phi \cdot \sin\kappa + \sin\omega \cdot \cos\kappa \\ \sin\phi & -\sin\omega \cdot \cos\phi & \cos\omega \cdot \cos\phi \end{bmatrix}
 \quad (2.7)$$

Dimana :

$R\omega$ = Rotasi terhadap sumbu x

$R\phi$ = Rotasi terhadap sumbu y

$R\kappa$ = Rotasi terhadap sumbu z

2.10 Coplanarity condition

Coplanarity condition adalah kondisi dimana dua exposur terletak dalam satu bidang dari stereopair, dan berhubungan antar point yang terletak pada gambar dari dua foto yang diambil dari kamera yang sama (Wolf 1993).

$$0 = B_x(D_1F_2 - D_2F_1) + B_y(E_2F_1 - E_1F_2) + B_z(E_1D_2 - E_2D_1) \dots\dots (2.8)$$

Dimana :

B_x = selisih kordinat $XL1$ dan $XL2$

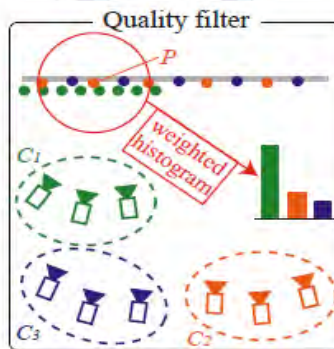
B_y = selisih kordinat $YL1$ dan $YL2$

B_z = selisih kordinat $ZL1$ dan $ZL2$

2.11 Multi-View Stereo Quality Filter

Multi-view stereo suatu metode yang dilakukan secara komputerisasi dengan beracuan pada serangkaian data foto untuk merekonstruksi struktur 3D dari suatu obyek. dengan kata lain, metode ini tidak akan memproses titik titik yang ada pada satu gambar saja. hasil dari metode ini adalah *dense point cloud*.

Sementara itu *Multi-view stereo quality filter* adalah proses pemilihan titik yang akan digunakan untuk merekontruksi bentuk 3D. Pemilihan bedasakan banyaknya titik pada satu objek yang sama dari sedikitnya 2 foto. Banyaknya titik dapat dilihat dengan bantuan grafik histogram. Proses ini dilakukan untuk untuk meningkatkan kepadatan dan keakuratan bentuk 3D (Furukawa, dkk 2010).



Gambar 2.4 Ilustrai pemilihan titik
(Sumber: Furukawa, dkk 2010)

2.12 Point Clouds

Point clouds merupakan kumpulan titik-titik pada sistem koordinat tiga dimensi yang merepresentasikan permukaan dari suatu objek yang telah di-digitized. Kumpulan titik-titik ini biasanya dinyatakan dalam koordinat X,Y, dan Z. Data point clouds diperoleh melalui proses digitizing data menggunakan alat 3D scanner. Point clouds digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk membuat data model dalam bentuk 3D CAD, yang digunakan untuk proses manufaktur, inspeksi kualitas, dan berbagai visualisasi. Data point clouds hasil proses digitizing tidak dapat langsung digunakan pada kebanyakan aplikasi 3D, sehingga data point clouds akan diubah menjadi triangle mesh model, NURBS surface model, atau CAD model melalui proses yang dikenal sebagai reverse engineering, sehingga data point clouds ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Aulianova 2010).

2.13 Sparse Point dan Dense Point Cloud

Dalam merekonstruksi digital suatu objek, ada dua jenis metode pemodelan point cloud yang dapat digunakan. Yang pertama adalah rekonstruksi digital 3D menggunakan *sparse point*. Rekonstruksi menggunakan pemodelan *sparse point* biasanya dengan menggunakan titik ikat yang dipasang disekeliling target ataupun dapat juga menggunakan titik titik natural yang dapat diidentifikasi dari objek itu sendiri. sudut pengambilan gambarnya diusahakan mencakup titik titik target dan titik titik natural.

Untuk pemodelan dense point cloud sangatlah cocok untuk meerkonstruksikan objek yang bertekstur. Dengan kemampuan menghasilkan *point cloud* yang sangat padat maka akan dihasilkan model dengan *point cloud* - yang merepresentasikan dengan keadaan sebenarnya (Barnes 2012).

2.14 Rekonstruksi Permukaan dan Modeling

Untuk membentuk *point cloud* diawali dengan proses data *point measurement* (pengukuran data) yang dapat dilakukan dengan menggunakan alat dan metode apapun yang dapat memberikan data bentuk dari suatu objek yang dikaji. Kemudian data *point measurement* itu menghasilkan point-point yang menggambarkan permukaan dari objek yang biasanya disebut dengan *point cloud*. Kemudian *point cloud* itu dapat digunakan untuk membentuk *3D modeling* (Barnes 2012).

Berikut 3 jenis model yang dapat dibentuk pada proses 3D modeling, yaitu :

a. *Mesh*

Segitiga merupakan bentuk paling sederhana yang membentuk polygon. *Polygonal modeling (meshing)* disini menggunakan *point cloud* yang sudah dibuat dari hasil *dense surface* sebelumnya. Kemudian *point cloud* tersebut ditarik garis antar dua titik (*edge*). Dari tiga *edge* yang terhubung dapat terbentuk segitiga. Polygon dengan empat sisi dan segitiga adalah yang sering digunakan untuk *meshing*. Karena itu sekelompok polygon yang terhubung satu sama lain dengan titik yang sama dinamakan *mesh*.

b. *Solid*

Solid model adalah badan 3D yang tertutup yang memiliki properti atau atribut berupa massa, volum, titik tengah gravitasi, dan momen inersia. dimulai dari solid bentuk primitive seperti bentuk kerucut, kotak, silinder dan pyramid yang kemudian dimodifikasi dan dikombinasi untuk membentuk suatu bentuk baru. Dapat juga dengan menggambarkan ekstrusi polysolid (bentuk solid seperti menggambar polyline atau yang berbasis garis yang sudah ada).

c. *Surface*

Surface model merupakan cangkang tipis yang tidak memiliki massa atau volume. biasanya terbagi menjadi procedural dan surface. Procedural digunakan untuk mendapatkan pemodelan asosiatif. Sedangkan *surface* untuk dapat melakukan pemahatan dengan titik-titik *control* simpul. dalam pemodelan surface model ini diawali dengan membuat model dasar menggunakan mesh, solid dan prosedura *surface* kemudian di konversi menjadi surfaces. hal ini dimaksudkan tidak hanya agar dapat memanfaatkan tools unik dan bentuk primitive yang ditawarkan oleh solid dan mesh model, tapi juga kemampuan untuk mengubah bentuk yang diberikan oleh surface model pemodelan asosiatif dan *surface* modeling.

2.15 Metode Tachymetri

Metode tachymetri merupakan metode penentuan posisi yang langsung ditujukan untuk mendapatkan posisi 3D (pengukuran horizontal dan vertikal secara bersamaan), dengan menggunakan metode polar untuk penentuan titik horizontalnya dan metode trigonometrik untuk penentuan titik tingginya. Metode polar adalah penentuan koordinat horizontal dengan melakukan pengukuran sudut (α) dan jarak (D) dengan hubungan matematis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} XA &= X1 + D \sin \alpha \\ YA &= Y1 + D \cos \alpha \end{aligned} \quad (2.10)$$

Keterangan :

XA = Kordinat X yang dicari

YA = Kordinat Y yang dicari

X1 = Kordinat X yang diketahui

Y1 = Kordinat Y yang dicari

D = Jarak

α = Sudut jurusan

Metode trigonometrik merupakan metode penentuan tinggi dengan menerapkan prinsip trigonometri dalam suatu segitiga.

$$h = Dm \cdot \cos Z \text{ atau } h = D \cdot \cot Z \dots \dots \dots (2.11)$$

Maka tinggi titik A dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$T_A = Dm \cdot \cos Z + ta \text{ atau } T_A = D \cdot \cot Z + ta \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

α = Sudut jurusan

z = Sudut zenith

Dm = Jarak miring

D = Jarak datar

ta = Tinggi alat

Δ = Titik kontrol bangunan

2.16 Digital Surface Model (DSM)

Istilah *Digital Surface Model* (DSM) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1958 oleh C. Miller dan R.A La Flame dan didefinisikan sebagai berikut “DSM adalah representasi statistik permukaan tanah yang kontinyu dari titik titik yang diketahui kordinatnya. Pada suatu sisitm kordinat tertentu. (Petrie dan kennie, 1991)

2.16.1 Jenis – jenis DSM

a. DSM Grid

Titik DSM pada DSM Grid tersebar secara merata pada seluruh permukaan model dan teratur dalam interval tertentu. Titik DSM dapat berupa titik sampel atau titik baru hasil interpolasi titik sampel. Permukaan model terbentuk oleh Grid yang menghubungkan titik DSM. DSM Grid juga dikenal dengan nama DSM Raster.

b. DSM TIN

Titik DSM yang digunakan untuk membentuk TIN merupakan titik sampel yang tersebar secara tidak teratur pada permukaan model. Permukaan model TIN adalah jaring bidang segitiga yang terbentuk dari triangulasi titik-titik DSM.

c. DSM Kontur

Pada DSM kontur topografi permukaan bumi disajikan dalam bentuk garis-garis kontur yang menghubungkan titik-titik dan memiliki nilai ketinggian yang sama. Garis kontur tersebut berupa *polyline* dengan *vertex-vertex* berupa titik-titik DSM yang dapat berupa titik-titik sampel yang sudah berpola kontur ataupun titik-titik hasil interpolasi. DSM kontur didapat dari *tracing/plotting* model stereo citra ataupun dari hasil interpolasi DSM Grid atau TIN.

2.17 Volume

Prinsip hitungan volume adalah 1 (satu) luasan dikalikan dengan 1 (satu) yang diwakili tinggi. Jika ada beberapa luasan atau beberapa tinggi, maka dibuat wakilnya, misalnya dengan menghitung luas rata-rata ataupun tinggi rata-rata. dalam penelitian ini perhitungan volume yang digunakan adalah metode grid.

2.17.1 Metode Grid

Cara menghitung volume dengan metode Grid adalah dengan membagi daerah tersebut berbentuk segiempat berjarak a , umumnya berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{A}{4} (1 \times \sum h_1 + 2 \times \sum h_2 + 3 \times \sum h_3 + 4 \sum h_4) \quad (2.13)$$

Dimana :

A = luas penampang segiempat

H1 = Tinggi yang digunakan 1 kali untuk menghitung volume

H2 = Tinggi yang digunakan 2 kali untuk menghitung volume

H3 = Tinggi yang digunakan 3 kali untuk menghitung volume

H4 = Tinggi yang digunakan 4 kali untuk menghitung volume

2.18 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berhubungan dengan tugas akhir ini adalah dilakukan oleh U. Niethammer , S. Rothmund , M. R. James , J. Travelletti dan M. Joswig pada tahun 2010. Penelitian tersebut berjudul *UAV-BASED REMOTE SENSING OF LANDSLIDES*. Dalam penelitian ini biaya rendah pendekatan penginderaan jauh didasarkan pada kendaraan udara tak berawak (UAV) dan kamera saku digital akan disajikan. Pendekatan ini memungkinkan akuisisi resolusi tinggi dari tanah longsor. Konsep petunjuk dikendalikan quad-rotor helikopter telah diteliti untuk aplikasi fotogrametri, karena sistem quad-rotor telah terbukti cocok untuk tanah longsor pemantauan di medan alpine sulit. Selama jumlah yang signifikan kampanye penginderaan jauh berbasis *UAV* foto udara dari longsor *Super-Sauze* (Perancis Selatan) telah diperoleh. Foto-foto ini digabungkan ke orto-mosaik oleh menerapkan metode perbaikan bidang gambar. Model permukaan digital (DSM) yang dihasilkan dengan menggunakan permukaan fitur berbasis baru Pendekatan rekonstruksi yang tidak memerlukan informasi titik kontrol tanah apapun mendapatkan hasil bahwa pemetaan dengan menggunakan *UAV-Photogrammetry* dirasa sangat cocok dan cepat sebagai pemetaan tanah longsor.

Selain itu penelitian tentang *UAV-Photogrametry* adalah yang dilakukan oleh Catur Aries Rokhmana. Soeta'at, M.Edwin Tjahyadi, dan Irawan Sumarto. Tentang membangun *UAV-Photogrametry* sebagai sarana pemetaan untuk kebutuhan pemetaan kadaster pada tahun 2010 dengan keefektifitas yang tinggi.

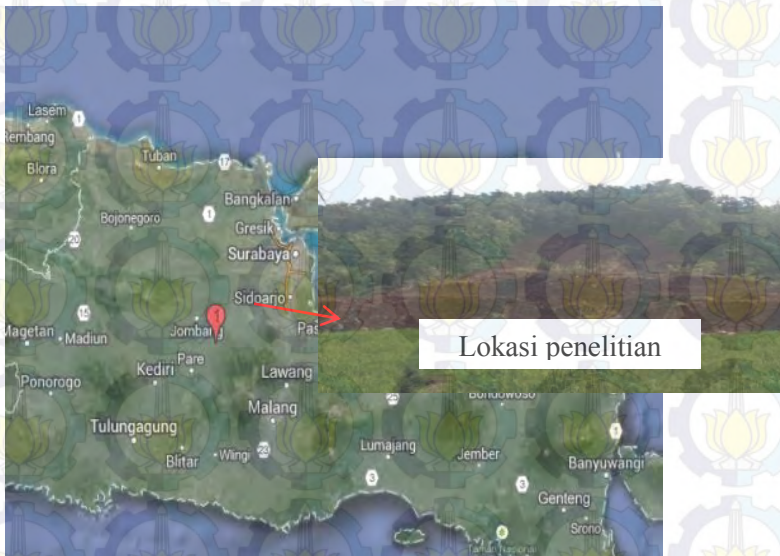
Pada penelitian ini penggabungan kedua penelitian diatas yaitu penggunaan *UAV-Photogrametry* dipergunakan sebagai sarana pemetaan bencana tanah longsor yang terjadi di Desa Ngrimbi, Kabupaten Jombang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan didesa ngrimbi yang terletak pada kecamatan Bareng dan Kabupaten Jombang.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian terletak pada Desa Ngrimbi Kabupaten Jombang (Sumber: Google Maps 2013)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah

1. Hasil Foto udara yang diperoleh dari pemotretan menggunakan kamera non metrik Canon SX 240 HS.
2. Data *Ground Control Point* (GCP) dari *GPS geodetic*.
3. Data hasil pengukuran *Total Station*

3.2.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hardware
 - a. Personal komputer atau laptop
 - b. *Quadcopter DJI Phantom*
 - c. Kamera Pocket *Canon PowerShot SX 260 HS*
 - d. *GPS geodetik Hyper Pro Topcon*
 - e. *Total Station*
2. Software
 - a. *Microsoft office 2013*
 - b. *Software pengolahan SFM*
 - c. *Microcad*
 - d. *Software ArcGIS 10.1*
 - e. *Software CAD*

3.3 Metode Penelitian

Adapun tahap penelitian digambarkan secara umum dengan penjelasan sebagai berikut:

1. *Tahap Awal*
Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat peta foto dan memperoleh volume dengan menggunakan *UAV-Photogrametry* dan *Total Station*.

2. *Tahap Persiapan*
Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan pembuatan peta orthophoto dan volume, dan literatur lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya. dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya.

3. *Pengumpulan Data*

Pengumpulan data berupa foto yang diambil dari *UAV-Photogrametry* pada area pengukuran dan data topografi menggunakan metode *tachymetri*.

4. *Tahap Pengolahan*

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah didapat di lapangan dan data penunjang lainnya.

5. *Tahap Analisis*

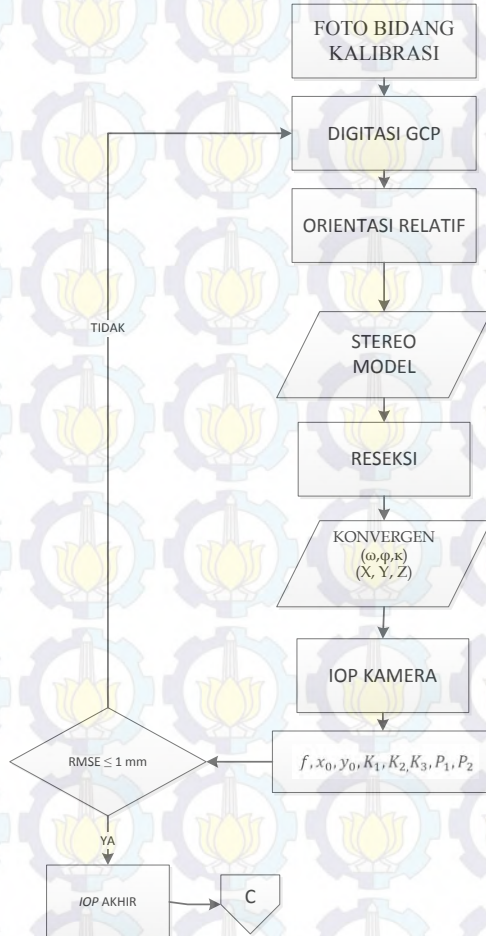
Dari pengolahan data dilakukan analisa untuk mendapatkan volume dari foto dan pemetaan teristris.

6. *Tahap Akhir*

Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dengan harapan hasil penelitian ini bisa bermanfaat dan diketahui orang lain.

3.4 Metode Pekerjaan

3.4.1 Metode Kalibrasi Kamera

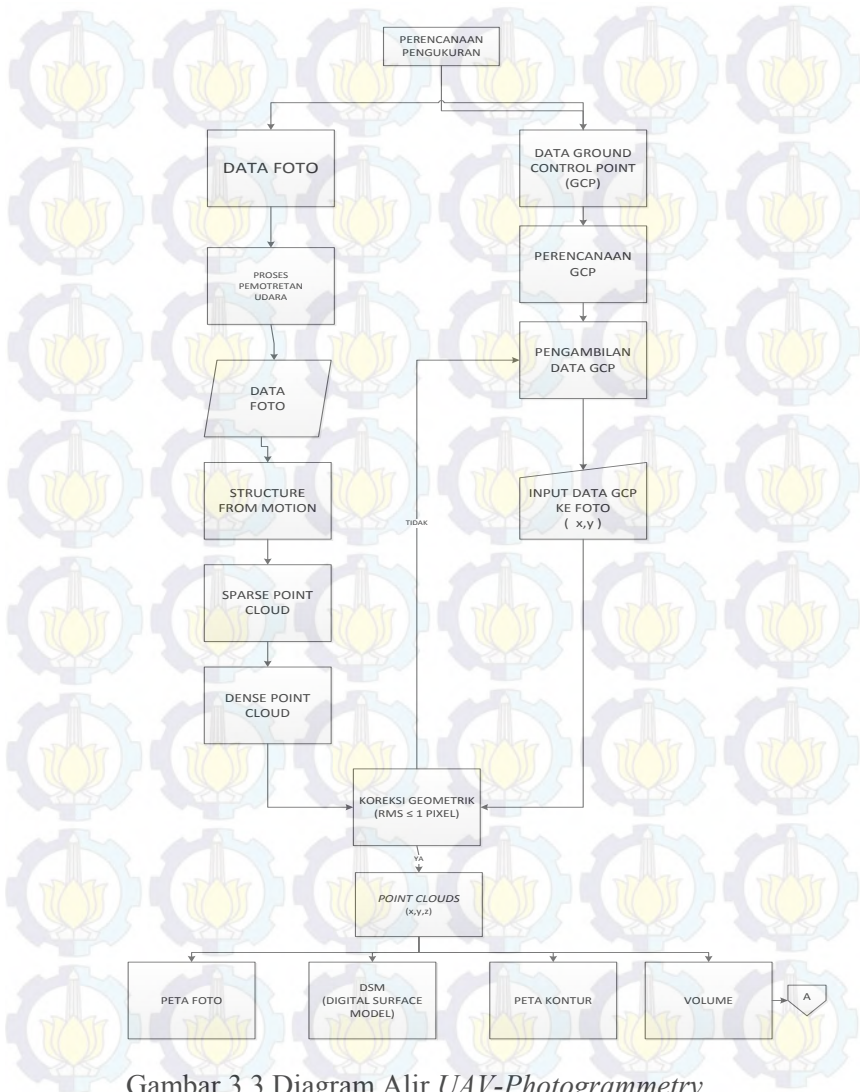


Gambar 3.2 Diagram Alir Kalibrasi Kamera

Keterangan :

1. Foto Bidang Kalibrasi
Dilakukan pemotretan bidang kalibrasi sehingga mendapat data foto
2. Digitasi Titik di Foto
Diakukan digitasi titik kontrol atau *ground control point* untuk mendapatkan koordinat foto (x,y) dalam bentuk pixel dan dikonversi ke milimeter.
3. Input Data *ground control point* (GCP)
Digunakan untuk mendapatkan persamaan kolinearitas yang digunakan untuk iterasi nilai *Exterior Orientation Parameter* (EOP) dengan metode reseksi
4. Reseksi
Digunakan untuk mendapatkan Parameter Orientasi Luar
5. Konvergen
Proses reseksi menghasilkan parameter orientasi luar yang konvergen, yakni ω , ϕ , κ , X,Y,Z
6. *Bundle Adjusment*
Proses *self calibration* dan *bundle adjusment* dilakukan untuk mendapatkan parameter orientasi dalam yakni $X_0, Y_0, f, K_1, K_2, K_3, P_1, P_2$,
7. RMSE
Mendapatkan harga RMSE dengan cara melakukan perhitungan koordinat GCP tereduksi kurang dari atau sama dengan 1 mm yakni skala terkecil mistar dari harga ukuran GCP melalui mistar
8. IOP Terkoreksi
Mendapatkan IOP yang terkoreksi melalui proses iterasi sampai RMSE terpenuhi.

3.4.2 Metode UAV-Photogrammetry



Gambar 3.3 Diagram Alir UAV-Photogrammetry

Keterangan :

1. Dimulainya dibagi 2 pekerjaan dilapangan yaitu foto, pengukuran pengambilan data foto dan GCP (*Ground Control Point*).
2. GCP
Pertama dilakukan pengambilan data GCP menggunakan GPS Geodetik
3. Data foto
Data foto diambil dengan menggunakan metode *UAV-Photogrammetry*.
4. *SFM (structure from motion)*
Data foto yang diproses dengan menggunakan pengolahan *SFM (structure from motion)* dimana metode ini ada dua lingkup proses pengolahan yaitu *sparase danse cloud* dan *Dense clouds*. Sparase dan dense cloud adalah titik kordinat objek
5. Koreksi geometrik
Hasil pengolahan SFM kemudian dilakukan koreksi geometri. Apabila hasil dari koreksi geometrik adalah $\leq 1 \text{ pixel}$ proses berlanjut ke proses pembentukan *point clouds*, jika tidak kembali ke pengambilan data GCP .
6. Dari *point clouds* dapat di lakukan proses pembuatan peta foto, DSM, peta kontur, dan Perhitungan Volume.

3.4.3 Metode Pengukuran Total Station



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengukuran (TS) *Total Station*

Keterangan :

1. Pengukuran TS

Pengukuran terestrial dengan menggunakan *alat total station*,

2. Metode Tachimetri

Metode pengukuran menggunakan metode tachymetri. data yang diambil dalam pengukur ini adalah berupa sudut, jarak, dan tinggi.

3. Pengolahan data

Data yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan sehingga didapat koordinat (x, y, z) .

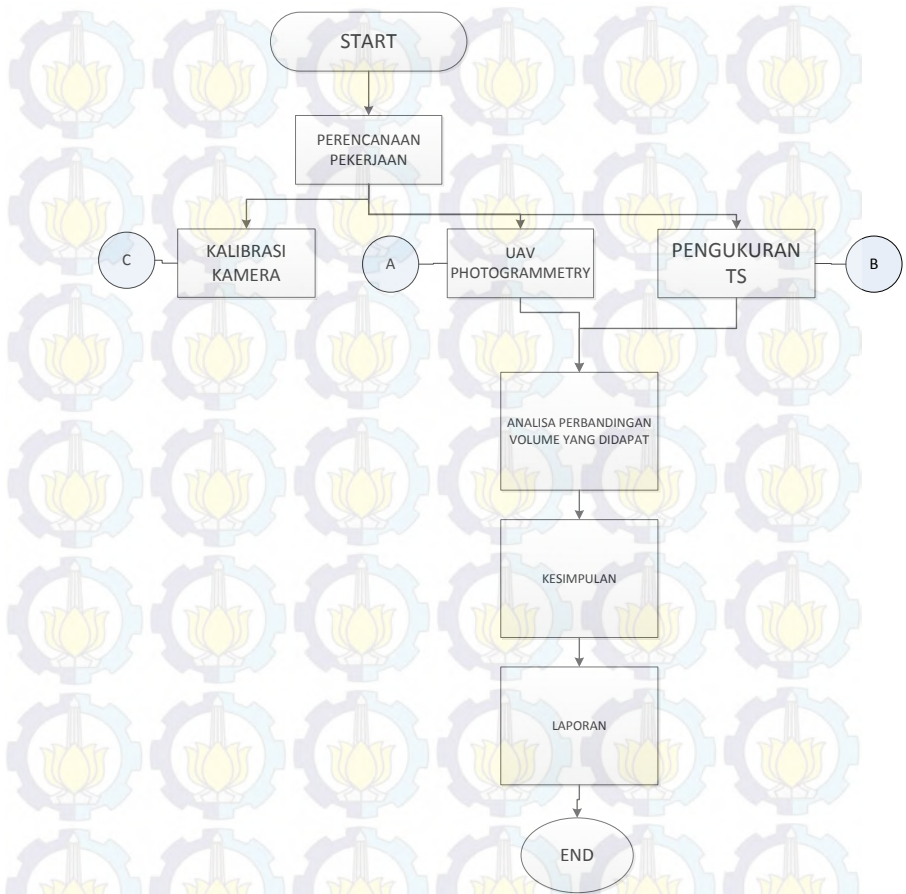
4. Pembuatan DSM

Selanjutnya dilakukan pembuatan DSM dari hasil koordinat yang didapat.

5. Perhitungan Volume

Perhitungan volume dapat dilakukan. Untuk mengetahui besaran longsor yang terjadi.

3.4.4 Diagram Alir Seluruh Pengolahan



Gambar 3.4 Diagram Alir Seluruh Pengolahan.

Keterangan :

1. Perencanaan pekerjaan.

Perencanaan pekerjaan dilakukan untuk mengetahui dan merencanakan apa kebutuhan dan yang akan dilakukan dilapangan.

2. Kalibrasi kamera.

Kalibrasi kamera dilakukan untuk mengetahui *IOP pada kamera*

3. *UAV-Photogrammetry*.

Pengambilan data foto dengan wahana UAV . data foto yang didapat diolah dengan menggunakan SFM untuk mendapatkan point clouds sehingga dapat di hitung volume longsor yang terjadi.

4. Pengukuran TS

Pengukuran teristrial dengan menggunakan TS. Pengukuran dilakukan untuk memetakan daerah benca longsor dan mengetahui besaran volume yang diambil.

5. Analisa volume.

Analisa volume hasil pengukuran TS dan *UAV-photogrammetry* dilakukan untuk mengetahui penyebab perbedaan besaran volume dari kedua metode tersebut.

6. Laporan.

Setelah menganalisa, maka dapat di simpulkan dan di buat laporkan berupa laporan tertulis tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil

4.1.1 Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera adalah proses menentukan *Interior Orientation Parameter* (IOP) dan dari sebuah kamera. Parameter internal dibutuhkan untuk dapat merekonstruksi ulang berkas sinar pada saat pemotretan. Pada saat ini Kamera yang dikalibrasi merupakan kamera jenis Canon sx260 HS dengan spesifikasi: panjang fokus 4 mm, ukuran sensor 6.17x4.55 mm, tipe sensor BSI-CMOS, resolusi maksimal 4000x3000 piksel. dan hasil kalibrasi terdapat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil dari kalibrasi kamera *Canon SX260*

Parameter	Nilai
F	$4.547 \pm 0.002 \text{ mm}$
x0	$-0.048 \pm 0.003 \text{ mm}$
y0	$-0.036 \pm 0.002 \text{ mm}$
K1	-0.0209 ± 0.0009
K2	0.0006 ± 0.0016
K3	0.0027 ± 0.0001
P1	-0.0039 ± 0.0002
P2	0.0 .0000

4.1.2 Pengambilan data GPS

Pengambilan data koordinat yang diperuntukan untuk GCP foto dan titik kontrol pengukuran teristrial menggunakan alat GPS Geodetik Topcon. Lama pengukuran ± 1 jam untuk setiap titiknya. Banyaknya titik yang diambil sebanyak 6 titik, yaitu 2 titik kontrol dan 4 titik GCP. Hasil pengukuran GPS tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Koordinat titik kontrol pengukuran teristris

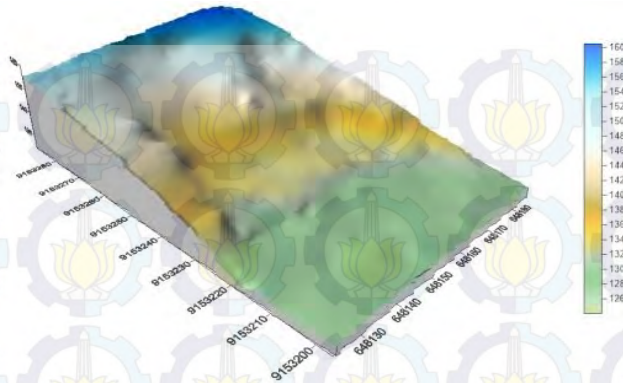
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BM 001	9153191.402	648123.283	125.996	TITIK TS 1
BM 002	9153201.676	648128.231	126.966	TITIK TS 2

Tabel 4.3 Koordinat hasil pengukuran titik GCP

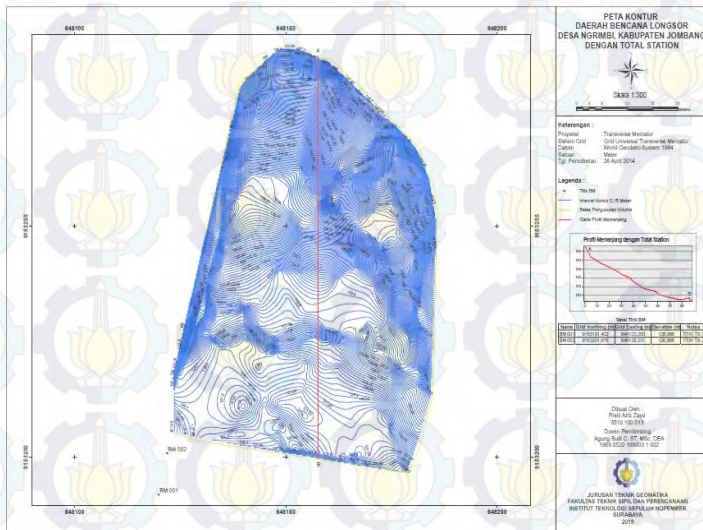
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BASE	9153136.352	648068.402	122.325	Masjid
BM 003	9153094.941	648138.961	125.433	Rumah Penduduk
BM 004	9153121.707	648049.012	122.514	Kamar Mandi Masjid
BM 005	9153129.14	648018.297	121.787	Sekolah

4.1.3 Pengambilan Data Dengan Menggunakan Metode Tachymetri

Dalam pengukuran teristrial dengan menggunakan metode tachymetri. Dibagi menjadi dua arah pekerjaan pengukuran kerangka dasar dan pengukuran detil kerangka dasar atau titik kontrol titik yang digunakan berupa titik baru yang dibuat oleh penulis. Alat yang digunakan dalam pengukuran titik kontrol objek dengan menggunakan *GPS Geodetic*. Pengukuran titik detail dengan menggunakan *Total Station*. Pengamatan titik detail yang diambil yaitu data sudut, jarak dan ketinggian. Hasil pengukuran berupa koordinat (gambar 4.1) luas daerah yang diukur sebesar 3987.72 m². Koordinat yang didapat kemudian dapat di buat kontur DSM dan kontur dari wilayah longsor. Untuk DSM setiap warna menunjukkan ketinggian yang berbeda-beda, sementara setiap garis kontur menunjukkan tinggi yang berbeda. Seperti tertampil pada gambar 4.2 menunjukkan DSM dan gambar 4.3 menggambarkan kontur. Gambar tersebut diplot dengan menggunakan perangkat lunak surfer.



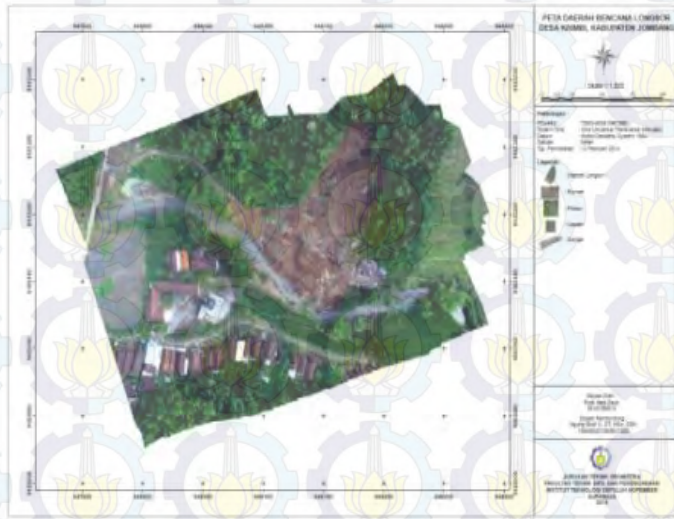
Gambar 4.1 Model *DSM* wilayah longsoran hasil dari pengukuran *Total station*



Gambar 4.2 kontur dari pengukuran terestrial
4.1.4 *UAV-Photogrammetry*

UAV-Photogrammetry dibagi menjadi dua arah pekerjaan dilapangan. Pertama pengambilan data foto menggunakan *UAV-Quadcopter* dan pengukuran *GCP*

dengan alat *GPS Geodetic*. Data-data kordinat *GCP* yang tercantum pada sub bab 4.1.2 data foto yang diambil sebanyak 60 foto. Kemudian diolah untuk mendapatkan peta foto dengan *software* pengolahan *SFM* seperti tertampil pada gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4.3 Peta foto hasil dari *UAV-photogrammetry*

4.1.4.1 Pembuatan peta foto

Pembuatan Peta foto dengan menggunakan *software* pengolahan *SFM*. Berikut langkah – langkah pembuatannya :


1. Membuka *software* ini,
2. Sebelum dilakukan pekerjaan. terlebih dulu mengatur *prefences*. Dengan menekan *Tools*→*Prefences*. Kemudian muncul kolom dialog dan menekan *openCL*. Keluar pilihan *Video Graphics Array (VGA)* yang tertera pada komputer. Selanjutnya memilih *VGA* tertampil (hal ini dilakukan untuk memperkuat kerja komputer),

3. Membuat *JOB*

- a. Hal pertama melakukan pemilihan foto yang didapat.
- b. Kemudian menekan *workspace* pada kiri bawah pada tampilan utama. Proses selanjutnya menekan *icon add photo*, lalu pilih semua foto yang akan dipilih, klik ok. Kemudian akan tertampil seperti gambar 4.6.

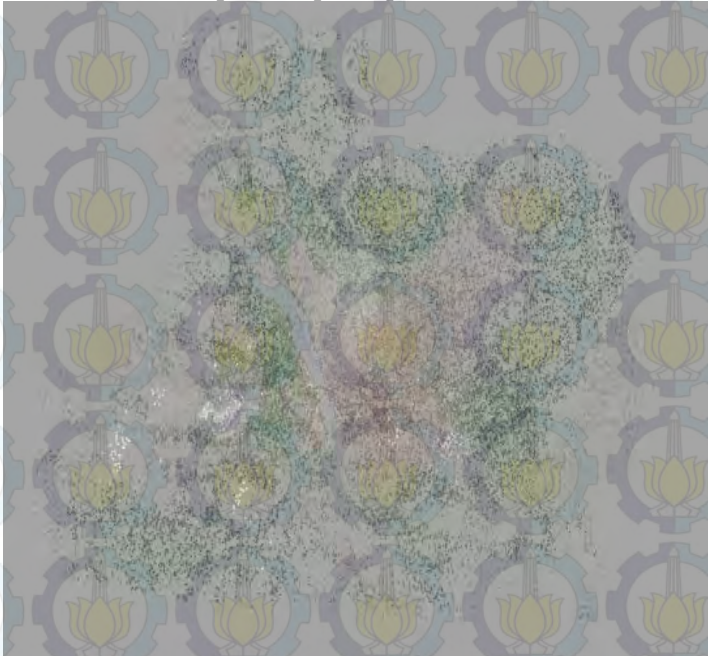


Gambar 4.4 *Input foto pada workspace*

- c. Untuk membuat *ground control*, dilakukan pertama kali mengatur sistem proyeksi kordinat yang digunakan Dengan menekan pada *icon setting* . dalam penelitian ini sistem proyeksi menggunakan UTM (*Universal Transverse Mecator*) dengan zona 49S serta datum WGS (*World Geodetic System*) 1984.

4. *Sparse point cloud.*

Tahap selanjutnya melakukan *align photo* dengan cara menekan workflow pada *toolbar*, kemudian pilih *align photo*. dalam tahap ini program memakai dasar perhitungan *coplanarity condition*. Untuk mendapatkan *Sparse point cloud*.



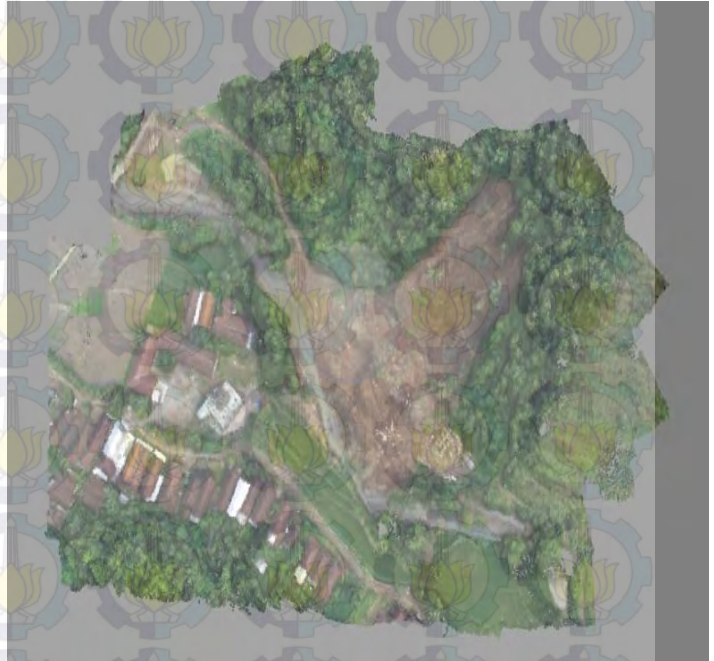
Gambar 4.5 Hasil proses *Align Photo* berupa *Sparse point cloud*

5. *Build dense cloud.*

Software ini memungkinkan untuk menghasilkan dan menampilkan model *dense cloud*. Berdasarkan posisi kamera, program menghitung informasi mendalam pada setiap kamera dan digabungkan untuk mendapatkannya. dalam proses ini prinsip yang digunakan adalah *Multi-view stereo*. *Software* ini cenderung menghasilkan awan ekstra

padat. Untuk membangun dense cloud proses yang dilakukan adalah:

- a. Pertama kali menekan *Workflow* kemudian menekan *Build dense cloud*.
- b. Kotak dialog progres akan muncul menampilkan status proses saat ini. Untuk membatalkan proses klik tombol Batal



Gambar 4.6 Hasil proses *Build dense cloud*

6. Proses selanjutnya adalah menghubungkan titik-titik koordinat yang didapat satu dengan yang lain menggunakan poligon. Proses ini dinamakan *build mesh* untuk melakukannya pada program ini dengan menekan *Workflow* pada *toolbar* selanjutnya menekan *build mesh*. Hasil dari proses ini seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4.7 Hasil proses *build mesh*

7. Melakukan *GCP*.
 - a. Pertama yang dilakukan adalah menekan salah satu foto dimana terdapat lokasi pengambilan data kordinat dilapangan. Kemudian klik kanan pada *mouse* pada daerah tersebut dan memilih *create marker*. Cara ini dilakukan pada semua titik kontrol yang didapat.
 - b. Selanjutnya memilih semua kordinat lokal pada foto kemudian hapus semua kordinat tersebut karena kordinat foto sudah tidak digunakan.
 - c. Masukkannlah kordinat pada tabel marker sesuai dengan kordinat yang diambil. Dan tandai semua marker pada tabel marker
 - d. Klik *optimize* untuk memproses data. Sesuaikan paramater yang digunakan, klik ok.



Gambar 4.8 GCP telah dikoreksi

8. Setelah kordinat seusai melakukan proses *build mesh* ulang .
9. Build texture.

Proses ini memberikan tekstur sesuai dengan foto yang didapat dalam pengukuran model 3D. Untuk melakukan proses melakan proses sperti dibawah ini:

- a. Memilih *Workflow* pada *toolbar* kemudian klik *Build Tekstur*.

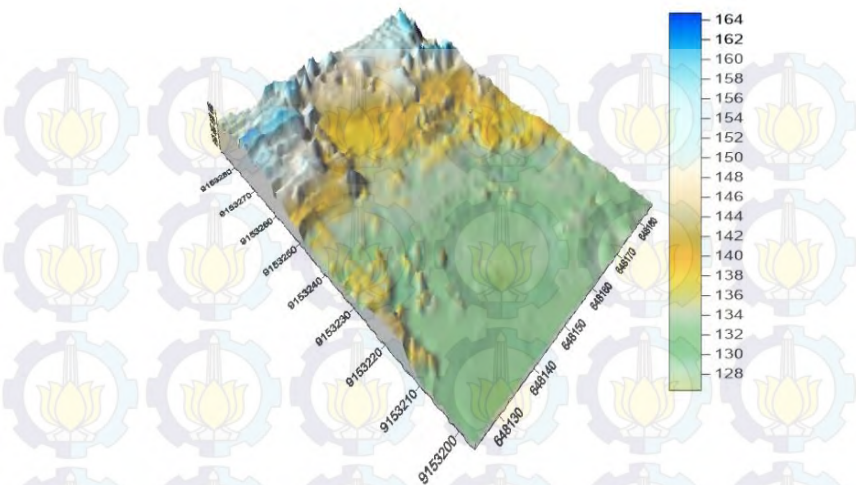
- b. Mapping mode yang digunakan *orthophoto*. Tekan tombol *OK*.
- c. Kotak dialog progres akan muncul menampilkan status proses saat ini. Untuk membatalkan proses klik tombol *Cancel*.



Gambar 4.9 Hasil Proses *Build Texture*

- 10. *Export* proses penggabungan foto menjadi peta foto
 - a. Pilih *File*→ *Export orthophoto*
 - b. Pada kotak dialog *Ekspor orthophoto*, mengatur sistem koordinat untuk Georeferensi peta foto.
 - c. Pengaturan *blending*→ pilih *mosaic*
 - d. Klik tombol *Ekspor* untuk memulai ekspor.
 - e. Telusuri folder tujuan, pilih jenis file, dan mencetak dalam nama file. Klik tombol *Save*.
 - f. Kotak dialog progres akan muncul menampilkan status proses saat ini.

Gambar 4.11 Peta kontur wilayah longsor dari hasil
UAV-Photogrammetry



Gambar 4.12 Bentuk DSM dari *UAV –Photogrammetry*

4.2 Analisa

4.2.1 Perbandingan Pelaksanaan Pengukuran

Tabel 4.4 Perbandingan antar pelaksanaan pengukuran *UAV-Photogrammetry* dan Teristrial

No.	Unsur Pembanding	<i>UAV-Photogramtery</i>	<i>Teristrial</i>
1	Alat yang digunakan	Canon Powershot SX260 HS,Quad copter dan <i>GPS Geodetic</i>	FOIF OTS 650 R300 Dan <i>GPS Geodetic</i>
2	Jumlah personil	2 Orang	4 Orang
3	Waktu yang dibutuhkan	<ul style="list-style-type: none">• \pm 30 menit (pengambilan foto)• 4 jam (pengambilan titik gcp)	<ul style="list-style-type: none">• \pm 5 jam (pengukuran dengan <i>total station</i>)• 2 jam (pengukuran titik kontrol)

No.	Unsur Pemandang	<i>UAV-Photogramtery</i>	<i>Teristrial</i>
4	Data yang diperoleh	Foto	Sudut, Jarak, dan ketinggian
5	Jumlah GCP	4	2

Dari tabel diatas dapat di jelaskan perbedaan dari kedua metode yang digunakan dalam penelitian ini antara *UAV-Photogrammetry* dan teristrial.

4.2.2 Biaya Pelaksanaan Pengukuran

Dalam tabel dibawah ini, merupakan biaya estimasi bedasarkan harga sewa yang ada di pasaran. Estimasi biaya pelaksanaan dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel 4.5 Rincian biaya pelaksanaan *UAV-Photogramtery*

No.	Nama Alat	Jumlah	Biaya
1	Satu set Quad copter + pilot	1	Rp 625.000,00/ 1 jam (waktu terbang 30 menit)
2	Personel	1	Rp 150.000.00
3	GPS	1	Rp 1.500.000.00
Total			Rp 2.275.000.00

Tabel 4.6 Rincian biaya teristrial pelaksanaan

No.	Nama Alat	Jumlah	Biaya
1	<i>Total sation</i>	1	Rp 250.000.00
2	Personel	3	Rp 150.000.00 x3 = Rp 450.000.00
3	<i>GPS</i>	1	RP.1.500.000.00
Total			Rp 2.200.000.00

4.2.3 Perhitungan Volume

Dari data kordinat yang di peroleh dengan kedua metode yaitu *UAV-Photogramnetry* dan Teristrial. Didapatkan volume dari tanah longsor dengan metode dengan perhitungan metode *grid*. hasil volume dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.7 Hasil pengolahan data dari dua metode

No	Hasil Pengolahan Data	<i>UAV-Photogrammetry</i>	Teristrial
1	Jumlah titik	8947	260
2	Volume	10527.032 m ³	11491.708 m ³
3	Selisih	964.676 m ³	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa volume dan titik kordinat yang di dapat dari dua metode tersebut berbeda. *UAV-Photogrammetry* volume yang didapat 10527.032 m³. kemudian teristrial volumenya 11491.708 m³. Kedua metode itu memiliki selisih 964.676 m³.

4.2.4 Faktor Penyebab Perbedaan volume.

Perbedaan volume dapat disebabkan oleh beberapa faktor, selain perbedaaan metode pengambilan data. Adapun faktor lainnya yang akan di jelaskan sebagai berikut :

a. Perbedaan jumlah titik pengukuran

Perbedaan titik yang di dapat mempengaruhi jumlah volume. Seperti tertera dalam tabel 4.7, *UAV-Photogrammetry* dengan 8947 titik mendapatkan 10527.032 m³ sementara teristrial dengan 260 titik mendapatkan 11491.708 m³. Dengan selisih volume sebesar 964.676 m³. Untuk mengetahui besarnya pengaruh jumlah titik pengukuran terhadap jumlah volume. Dalam penelitian ini dilakukan pengurangan titik pada *UAV-Photogrammetry*. Pada penelitian ini, pengurangan titik dibagi menjadi dua yaitu 1. Berdasarkan titik terdekat serta memiliki koordinat yang sama dengan titik teristrial 2. Titik-titik yang diambil memiliki interval satu meter dari titik tertinggi ke terendah. Perbandingan titik tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut:

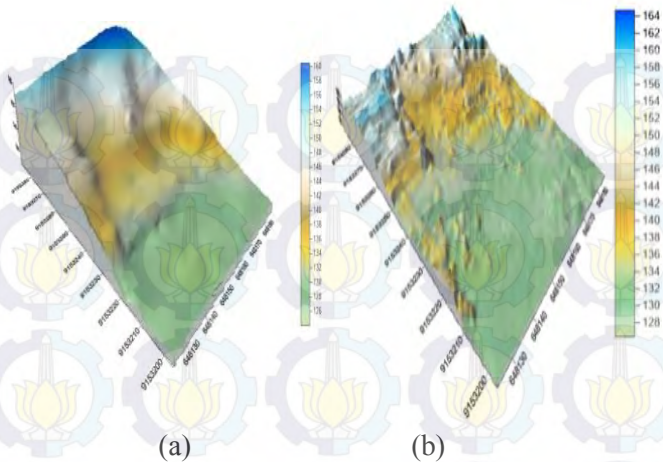
Tabel 4.8 Hasil volume pengurangan titik pada metode *UAV-Photogrammetry*.

No.	Jumlah Titik	Volume (m ³)	Volume Teristrial (m ³)	Selisih Volume (m ³)	Keterangan
1	326	7787.869	11491.708	3703.839	titik yang diambil memiliki koordinat sama atau berdekatan
2	4607	9003.141		2488.567	titik yang diambil dengan interval satu meter dari titik tertinggi ke terendah.

Dari tabel tersebut dapat dilihat jumlah titik sangat berpengaruh besar terhadap hasil volume.

b. Bentuk topografi

Selain berhubungan dengan besaran volume, perbedaan titik berpengaruh dengan bentuk dan topografi. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar DSM dan kontur dibawah ini :



Gambar 4.13 perbandingan bentuk *DSM* dari metode teristrial (a) dan *UAV-Photogrammetry* (b)

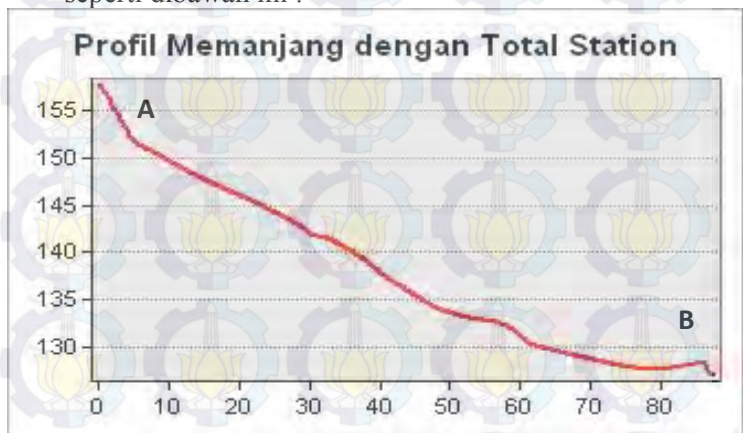
Dari gambar *DSM* dapat dilihat bahwa metode teristrial memiliki bentuk permukaan cenderung halus serta perbedaan tinggi yang teratur. Berbeda dengan metode *UAV-Photogrammetry* yang memiliki bentuk permukaan kasar, banyaknya tumpukan tanah kecil yang terbentuk sehingga lebih menyerupai objek aslinya. Selain gambar *DSM*, bentuk kontur dengan interval 0,15 m dari kedua metode tersebut memiliki kerapatan garis yang berbeda. Perbedaan juga terjadi pada tinggi atau elevasi titik-titik dari kedua metode tersebut. Perbedaan tersebut dapat dilihat dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.9 Perbedaan elevasi tertinggi dan terendah dari kedua metode

No	Metode	Luas (m ²)	Titik Tertinggi (m)	Titik Terendah (m)
1	Teristrial	3987.72	157.991	123.924
2	UAV-Photogrammetry		172.487	122.523

c. Perbedaan tinggi permukaan

Selain jumlah titik dan perbedaan bentuk topografi, volume juga dipengaruhi tinggi permukaan pengukuran. Perbedaan tersebut dapat dilihat dalam profil memanjang dari kedua topografi seperti dibawah ini :



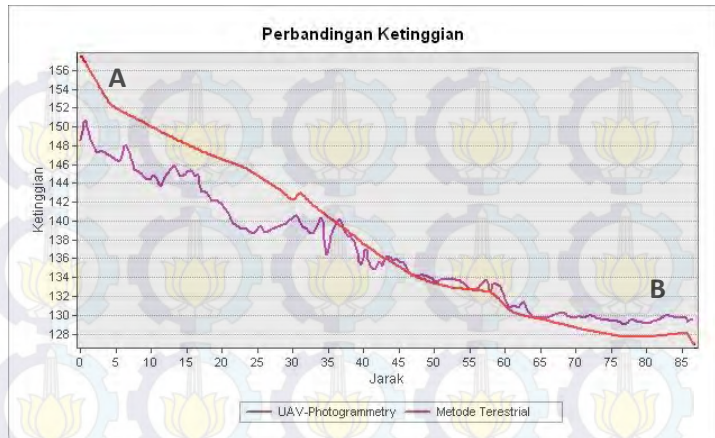
Gambar 4.14 Grafik profil memanjang dengan menggunakan *Total Station*.

Gambar grafik profil memanjang dengan *total station* menampilkan perubahan ketinggian permukaan (kontur) yang halus dan teratur dari tinggi ke rendah dimana hal itu menjelaskan bentuk longsor yang terjadi pada daerah tersebut.



Gambar 4.15 Grafik profil memanjang dengan *UAV-Photogrammetry*

Gambar grafik profil memanjang dengan *UAV-Photogrammetry* menampilkan perubahan ketinggian permukaan (kontur) sangat bergelombang dan tidak teratur dari tinggi ke rendah dimana hal itu menjelaskan bentuk longsoran yang terjadi pada daerah tersebut. Hasil grafik tersebut dikarenakan metode *UAV-Photogrammetry* mampu menghasilkan titik-titik yang sangat rapat.



Gambar 4.16 Grafik perbandingan Profil memanjang antara metode *UAV-Photogrammetry* dan *Total Station*

Dari grafik profil memanjang diatas dapat disimpulkan bahwa pengukuran *UAV-Photogrammetry* dan *Total Station* memiliki tinggi permukaan yang berbeda. dalam satu garis memanjang yang sama, titik tertinggi pada *UAV-Photogrammetry* berada pada ketinggian 151 m sementara itu, pada total station 158 m. Selain itu, dapat dilihat juga permukaan yang diperoleh kedua metode tersebut berbeda. Metode teristrial memiliki permukaan yang halus sementara *UAV-Photogrammetry* permukaannya bergelombang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dengan menggunakan metode *UAV-Photogrammetry* dapat menghasilkan peta bencana tanah longsor.
2. Hasil kalibrasi kamera jenis Canon sx260 HS dengan spesifikasi: panjang fokus 4 mm, ukuran sensor 6.17x4.55 mm, tipe sensor BSI-CMOS, resolusi maksimal 4000x3000 piksel. didapat orientasi dalam yaitu $f = 4.547 \pm 0.002$ mm, $x_0 = -0.048 \pm 0.003$ mm, $y_0 = -0.036 \pm 0.002$ mm, $K_1 = -0.0209 \pm 0.0009$, $K_2 = 0.0006 \pm 0.0016$, $K_3 = 0.0027 \pm 0.0001$, $P_1 = -0.0039 \pm 0.0002$, dan $P_2 = 0.0000 \pm 0.0000$
3. Estimasi biaya yang dikeluarkan *UAV-Photogrammetry* mencapai Rp 2.275.000 sedangkan untuk teristrial sebesar Rp2.200.000,00 sementara itu waktu yang dibutuhkan untuk mengambil data dan tenaga SDM (sumber daya manusia) dengan *UAV-Photogrammetry* membutuhkan waktu 4,5 jam dan personil 2 orang sedangkan teristrial membutuhkan waktu 7 jam dan personel 4 orang.
4. Terdapat selisih hasil antara kedua metode yang digunakan untuk menentukan volume berupa tanah longsor di Desa Ngrimbi, Kecamatan Baren, Kabupaten Jombang. sebesar 964.676 m³. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan permukaan dan jumlah titik yang didapat dari kedua metode tersebut.
5. Perbedaan volume dapat disebabkan oleh perbedaan jumlah titik dan topografi yang didapat dari kedua metode tersebut. untuk jumlah titik sangat berpengaruh dalam perhitungan volume. Dengan pengurangan titik yang dilakukan pada penelitian ini. Yang pertama

pengurangan titik berdasarkan koordinat yang sama dan berdekatan dengan jumlah titik 326. Dan titik yang diambil dengan interval satu meter dari titik tertinggi ke yang terendah. Dengan jumlah titik 4607. Kedua menghasilkan selisih 3703.839 m^3 dan 2488.576 m^3 .

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, ditemukan beberapa kendala pada proses pengolahan yang dapat menjadi sebuah rekomendasi bagi penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dikemukakan antara lain:

1. Untuk mengurangi getaran pada saat pengambilan data foto digunakan gimbal atau *anti jello*,
2. Untuk studi selanjutnya dapat digunakan data Lidar sebagai data pembanding tambahan dikarenakan data Lidar dapat menghasilkan kerapatan titik lebih detail.

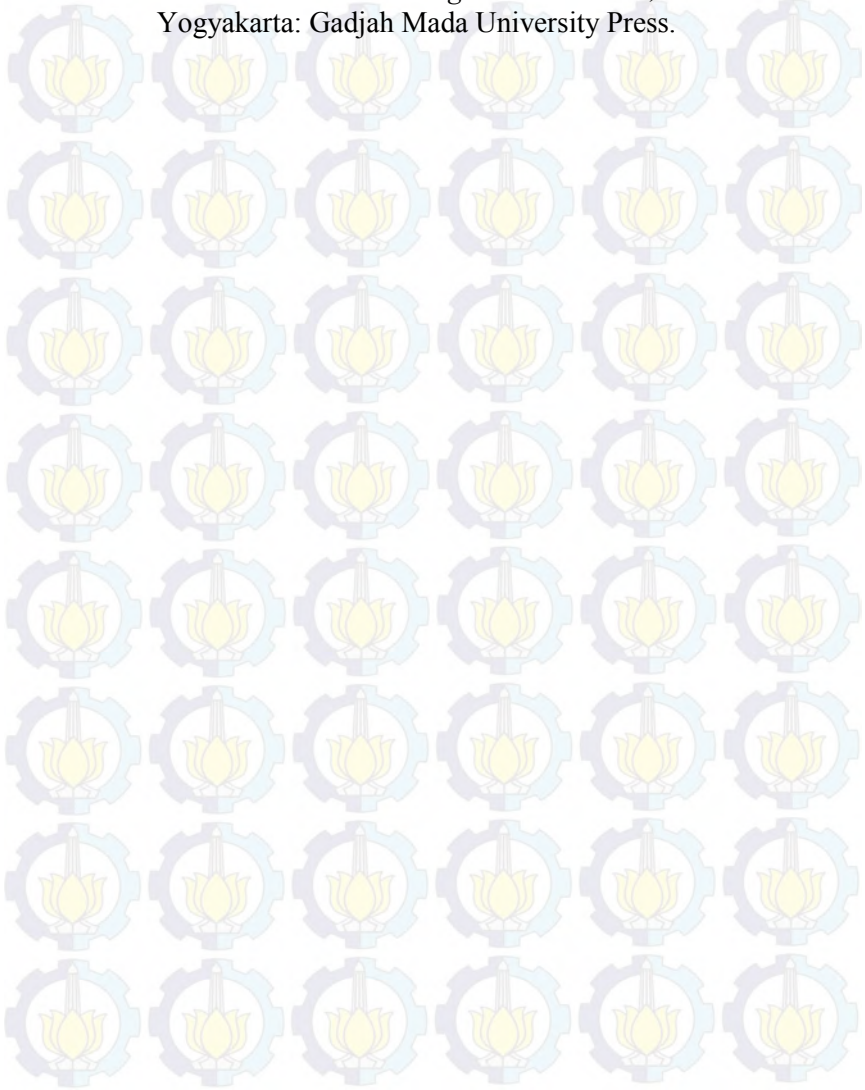
DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, David C. 1998. *Perception of three-dimensional structure from motion*. Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
- Atkinson. 2000. *Theory of Close Range Photogrammetry, Ch.2 Coordinate Transformations*.
<URL:<http://www.lems.brown.edu/vision/people/leymarie/Refs/Photogrammetry/General.html>>.
- Aulianova, Adinda. 2010. *Rekonstruksi Reference Surface Pintu Depan Mobil Dari Data Point Clouds Dengan Catia V5r18*. Bandung : ITB Bandung
- Barnes, Ahmad. 2012. *Penggunaan Metode Fotogrametri Rentang Dekat Dan Laser Scanning Dalam Pembuatan Dense Point Cloud*. Bandung : ITB.
- Canon. <URL:http://www.usa.canon.com/cusa/consumer/products/cameras/digital_cameras/powershot_sx260_hs#Specifications> dikunjungi pada tanggal 21 Februari 2014, jam 14:00.
- Eisenbeiss, H. 2009. *UAV Photogrammetry*. Zürich : ETH Zürich.
- Hanifa, N. R. 2007. *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metric Auto-Focus Untuk Pemantauan Deformasi*. Bandung: FTSL ITB.
- Fryer, J. G. 1985. *Non-metric Photogrammetry and surveyors*. Newcastle : Dept. of Civil Engineering and Surveying, University of Newcastle.
- Furukawa, Y., Curless, B., Seitz, M., Szeliski, R. 2010. *Clustering View For Multi-View Stereo*. Proceedings, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 13–18 June, San Francisco, USA, pp. 1434–1441.
- Kardono, AK. Rushianto E., Fatoni, A. 2012. *Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Optimal LQR untuk Menjaga Kestabilan Hover pada Quadcopter*. Jurnal

Teknik ITS, Vol.1, No.1, Tahun 2012, (ISSN : 2301-9271).

- Kavzoglu, T., dan Karsli, F. 2008. *Calibraton of A Digital Single Lens Reflex (SLR) Camera Using Artificial Neural Networks*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing.
- Paimin, Sukresno, Pramono, Irfan B. 2009. *Teknik Mitigasi Banjir Dan Tanah Longsor*. Balikpapan : Tropenbos International Indonesia Programme
- Petrie, G dan Kennie, TJM. 1991. *Terrain Modelling In Surveying and Civil Engineering*. Mcgraw-Hill, Inc. London, Enngland.
- Purwadhi, S. H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia
- Purwohardjo. *Ilmu Ukur Tanah Seri A*. Bandung : Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
- Santos, Thiago., de Oliveira, Alberto A. 2012. *Image-Based 3D Digitizing For Plant Architecture*. Brazil : Brazilian Agriculture Research Corporation.
- Santoso, Bobby. 2001. *Pengantar Fotogrametri*. Bandung : ITB.
- Soedomo, A. S. 2003. *Kumpulan Modul Surveying & Mapping*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh, Jilid I dan II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Niethammer , U., Rothmund , S., James , M. R. , Travelletti , J., Joswig, M. (2010). *UAV-Based Remote Sensing Of Landslides*. Commission V Symposium. Newcastle: International Archives of Photogrammetry.
- Wicaksono, F.Y.E. 2009. *Apa Itu Foto Udara?*. Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi DIY. <URL:<http://bpadjogja.info/file/a993f9ea56c958470ff07f271a12e7a62b.pdf>>. Dikunjungi pada tanggal 28 Januari 2014, jam 20.45.

Wolf, P. R., 1993. *Elemen Fotogrametri Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*, Edisi kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.





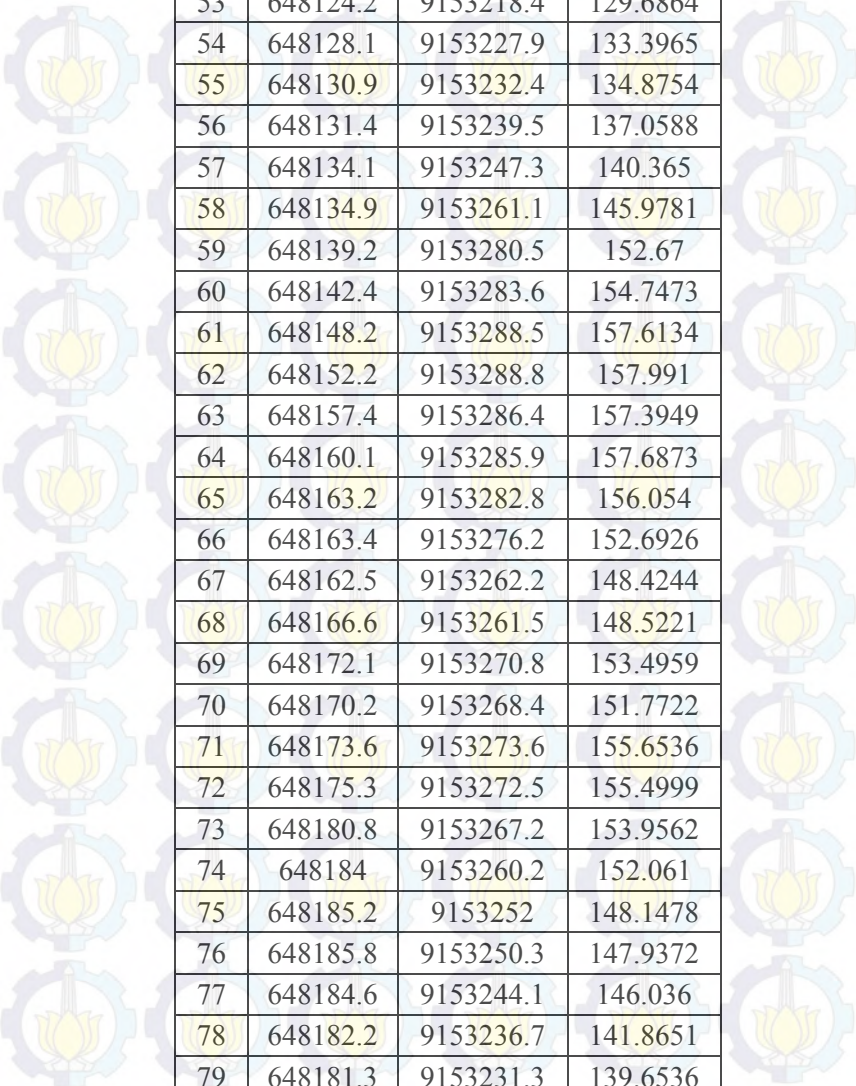
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Data Pengukuran *Total Station*


NO	Easting	Northing	Elevation
1	648123.3	9153205.4	126.9988
2	648123.3	9153205.4	126.9977
3	648123.5	9153214.4	128.6819
4	648125.9	9153221	130.1447
5	648130.6	9153230.7	134.5488
6	648129.6	9153229.6	134.2543
7	648145.6	9153285.9	155.172
8	648155.7	9153287.3	156.9637
9	648162.6	9153282	154.2926
10	648125.7	9153219.4	129.0029
11	648123.4	9153207.7	126.9564
12	648133.6	9153204.3	128.509
13	648129.9	9153204	128.4644
14	648123.3	9153218	123.9278
15	648123.3	9153218	123.9309
16	648123.3	9153218.1	123.9239
17	648147.9	9153211.5	127.4922
18	648147.9	9153211.5	127.4927
19	648145.3	9153213.9	128.2107
20	648131	9153227.4	130.391
21	648144.8	9153210.8	128.6695
22	648143.3	9153219.5	129.1192
23	648140.3	9153232.9	132.99
24	648144.8	9153222.4	128.7474

NO	Easting	Northing	Elevation
25	648150.4	9153234.3	132.3967
26	648145.7	9153237.7	133.328
27	648154.7	9153220.1	128.2666
28	648148.5	9153240.3	132.7604
29	648159.7	9153233.8	132.8529
30	648162.4	9153238.7	133.0116
31	648150.3	9153254.2	139.7463
32	648150.4	9153258.1	139.5291
33	648162.5	9153238.7	132.9982
34	648141.9	9153261.1	139.3977
35	648166.7	9153241.1	133.7467
36	648146.6	9153260.7	139.5076
37	648170.9	9153237	133.3338
38	648153.5	9153262.3	140.5993
39	648154.9	9153258.8	141.4741
40	648169.7	9153229.1	132.2151
41	648157.4	9153255.2	141.2462
42	648171.6	9153227.7	132.021
43	648172.3	9153224	131.1944
44	648165.4	9153251.6	141.6625
45	648179	9153226.3	133.591
46	648170.7	9153252.9	140.8937
47	648181.4	9153218.9	132.2241
48	648175.2	9153254.9	141.5845
49	648176.7	9153249.9	140.5284
50	648181.3	9153215	131.3153
51	648180.5	9153243.3	140.4138
52	648124.2	9153218.2	129.6872



NO	Easting	Northing	Elevation
53	648124.2	9153218.4	129.6864
54	648128.1	9153227.9	133.3965
55	648130.9	9153232.4	134.8754
56	648131.4	9153239.5	137.0588
57	648134.1	9153247.3	140.365
58	648134.9	9153261.1	145.9781
59	648139.2	9153280.5	152.67
60	648142.4	9153283.6	154.7473
61	648148.2	9153288.5	157.6134
62	648152.2	9153288.8	157.991
63	648157.4	9153286.4	157.3949
64	648160.1	9153285.9	157.6873
65	648163.2	9153282.8	156.054
66	648163.4	9153276.2	152.6926
67	648162.5	9153262.2	148.4244
68	648166.6	9153261.5	148.5221
69	648172.1	9153270.8	153.4959
70	648170.2	9153268.4	151.7722
71	648173.6	9153273.6	155.6536
72	648175.3	9153272.5	155.4999
73	648180.8	9153267.2	153.9562
74	648184	9153260.2	152.061
75	648185.2	9153252	148.1478
76	648185.8	9153250.3	147.9372
77	648184.6	9153244.1	146.036
78	648182.2	9153236.7	141.8651
79	648181.3	9153231.3	139.6536
80	648181.1	9153230.8	139.4624

NO	Easting	Northing	Elevation
81	648181.9	9153229.1	139.2698
82	648182.1	9153228	138.0816
83	648184	9153226.7	137.8699
84	648183.5	9153223.7	136.4684
85	648184	9153219.9	135.0899
86	648183.6	9153216.7	133.6605
87	648184.4	9153213	132.4249
88	648183.7	9153221.9	135.6243
89	648180.6	9153205.5	130.1868
90	648181.6	9153204.1	129.7891
91	648180.1	9153200.6	128.0269
92	648178.4	9153196.5	125.7429
93	648179.2	9153198	126.8835
94	648178.7	9153201.5	128.1706
95	648176.3	9153199.2	126.4478
96	648166.3	9153200.4	128.1609
97	648174.9	9153205.5	128.3926
98	648175.9	9153207.8	129.1237
99	648175.6	9153210.4	129.2073
100	648175.3	9153210.7	129.1318
101	648173	9153209.2	128.0886
102	648174	9153207.7	128.0865
103	648174.4	9153205.8	127.6211
104	648166.2	9153200.7	127.62
105	648167.8	9153205.4	127.5266
106	648171.3	9153210.2	127.6471
107	648165.5	9153207.9	127.9326
108	648175.1	9153217.2	130.316



NO	Easting	Northing	Elevation
109	648176.3	9153212.7	129.9821
110	648177.3	9153219.8	132.7202
111	648177.9	9153219	132.555
112	648177.4	9153221.4	132.9516
113	648174.6	9153221.7	132.3315
114	648173.1	9153223.2	131.5749
115	648176.6	9153229.6	134.4618
116	648180.2	9153232.3	137.9346
117	648180.8	9153236.1	139.3039
118	648176.4	9153234.4	136.5458
119	648174.6	9153235.9	135.1297
120	648174.7	9153235.3	135.0097
121	648173.8	9153230.4	133.0186
122	648170.4	9153223.6	132.083
123	648174.4	9153231.7	133.7173
124	648168.9	9153227.4	133.0284
125	648175.5	9153238.8	137.0597
126	648179.2	9153239.9	139.6231
127	648181.8	9153247.7	143.4721
128	648183	9153257.2	148.0303
129	648178.1	9153253.3	142.8199
130	648176.7	9153255.1	142.8011
131	648174.3	9153259	143.9235
132	648176.8	9153265.6	147.7727
133	648177.7	9153268	150.991
134	648181.3	9153262.5	149.6492
135	648178.1	9153255.4	143.73
136	648173.7	9153261.4	144.7372

NO	Easting	Northing	Elevation
137	648176.2	9153268.2	149.8834
138	648176.7	9153269.9	152.5143
139	648171.7	9153268.4	150.8255
140	648171.7	9153259.9	143.8127
141	648174.7	9153260	144.7348
142	648174.6	9153262	145.189
143	648176.7	9153259.9	145.6469
144	648176	9153257.2	143.6038
145	648172.8	9153246.3	140.3462
146	648167.1	9153251.1	141.3001
147	648168.6	9153248.4	140.4767
148	648170.4	9153248	140.8229
149	648171.9	9153246.7	140.7036
150	648172.2	9153244.4	138.9041
151	648173.1	9153243	137.3855
152	648169.3	9153242.1	136.2423
153	648166	9153244.4	136.1817
154	648162.5	9153243.6	135.7516
155	648171.9	9153239.8	134.9314
156	648168.5	9153225.5	132.7983
157	648161.8	9153246.7	138.0756
158	648162.1	9153252.8	141.7886
159	648163.4	9153259.6	146.402
160	648160.1	9153255.2	145.4712
161	648164.3	9153262.5	148.1864
162	648159.3	9153256.4	142.4583
163	648156.5	9153249.1	139.1212
164	648155.9	9153244.1	136.351

NO	Easting	Northing	Elevation
165	648158.6	9153241.3	135.273
166	648160.7	9153239.4	134.0572
167	648155	9153231.8	132.8409
168	648153.1	9153239.9	133.6039
169	648153.8	9153246.6	137.512
170	648153.9	9153249.8	139.5048
171	648155.8	9153276.7	148.5826
172	648148.5	9153278.5	149.4912
173	648148.4	9153284.4	153.0317
174	648152.3	9153284.2	152.9985
175	648157.8	9153282	151.7292
176	648154	9153270	144.4913
177	648142.2	9153279.2	150.0274
178	648142.7	9153273.8	145.6274
179	648138.6	9153273.6	147.2373
180	648137	9153262.6	142.6
181	648139.2	9153262.9	140.8044
182	648143	9153264.9	141.4732
183	648144.2	9153277.6	147.9213
184	648135.6	9153256.5	140.2887
185	648135.2	9153254.1	142.1608
186	648138.4	9153256	138.7024
187	648140.7	9153264.1	141.0103
188	648135.4	9153246.2	137.0709
189	648134.8	9153241.2	135.1189
190	648131.9	9153235	133.5398
191	648131	9153232.5	134.5334
192	648130.6	9153229.4	132.3324

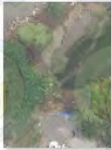
NO	Easting	Northing	Elevation
193	648128.7	9153228.1	132.6898
194	648129.5	9153228.1	132.0358
195	648129	9153225.4	130.6348
196	648127.2	9153222.3	129.7046
197	648132.8	9153225.4	130.4831
198	648132.9	9153226.8	130.7613
199	648133.5	9153230.5	131.2433
200	648133.5	9153232.9	132.1776
201	648131.2	9153230.2	132.6496
202	648150.3	9153244.9	135.8918
203	648154.1	9153241.1	134.6184
204	648157	9153246	137.291
205	648147.8	9153242	133.8595
206	648143.8	9153228.3	132.1561
207	648144.1	9153233.8	133.218
208	648147.4	9153226.1	131.7
209	648151.3	9153228.5	131.9611
210	648153.4	9153225.7	130.6311
211	648154.4	9153225	130.0618
212	648156.7	9153225.9	130.1137
213	648159.8	9153225.4	130.4248
214	648163.5	9153224.4	130.4195
215	648164.5	9153226.5	131.8407
216	648162.4	9153227.4	132.5269
217	648159.2	9153228.1	132.4774
218	648158.4	9153225.3	130.2808
219	648160.5	9153224.4	129.9763
220	648163	9153220.4	129.6392

NO	Easting	Northing	Elevation
221	648153.1	9153223.3	129.5075
222	648151.3	9153222.6	129.5086
223	648148.4	9153223.3	129.7789
224	648145.4	9153224.1	129.7995
225	648149	9153206.8	129.1931
226	648147.8	9153222.5	128.9773
227	648148.6	9153211.8	127.3898
228	648154.4	9153208.7	127.245
229	648147	9153223.2	127.5317
230	648140.8	9153225.3	128.2073
231	648139.9	9153229	130.4809
232	648139.8	9153231.7	130.9943
233	648135	9153223	128.0956
234	648132.8	9153225.3	128.4309
235	648140	9153211	127.0704
236	648143.4	9153205.9	128.5757
237	648146	9153205.2	128.7803
238	648147	9153204.8	128.7166
239	648148	9153205	128.4606
240	648148.9	9153201.4	127.8437
241	648158.5	9153217.9	128.9698
242	648159.7	9153220.4	129.6063
243	648161.2	9153220.4	129.6279
244	648162.4	9153219.2	129.0826
245	648160.6	9153215.8	128.6874
246	648160.2	9153219.1	129.1032
247	648158.5	9153217.9	128.9514
248	648157.7	9153218.3	128.892

NO	Easting	Northing	Elevation
249	648157.3	9153219.2	128.9984
250	648157.6	9153220.2	129.1767
251	648159.5	9153220.7	129.5783
252	648154.7	9153215.6	128.2227
253	648155.1	9153217.1	128.4555
254	648153.9	9153215	127.8765
255	648153.7	9153213.9	127.5423
256	648138	9153204.9	128.8972
257	648148.2	9153202.4	127.9244
258	648152.4	9153201.5	129.3433
259	648163.2	9153199.7	127.4115
260	648177.8	9153197.1	125.6699

LAMPIRAN B

Foto Hasil Pengambilan *UAV-Photogrammetry* dengan jumlah foto sebanyak 60 buah.



IMG_0022



IMG_0023



IMG_0024



IMG_0025



IMG_0026



IMG_0027



IMG_0028



IMG_0029



IMG_0030



IMG_0031



IMG_0032



IMG_0033



IMG_0038



IMG_0039



IMG_0040



IMG_0041



IMG_0042



IMG_0043



IMG_0044



IMG_0045



IMG_0046



IMG_0047



IMG_0048



IMG_0049





IMG_0070



IMG_0071



IMG_0072



IMG_0073



IMG_0074



IMG_0075



IMG_0076



IMG_0077



IMG_0078



IMG_0079



IMG_0080

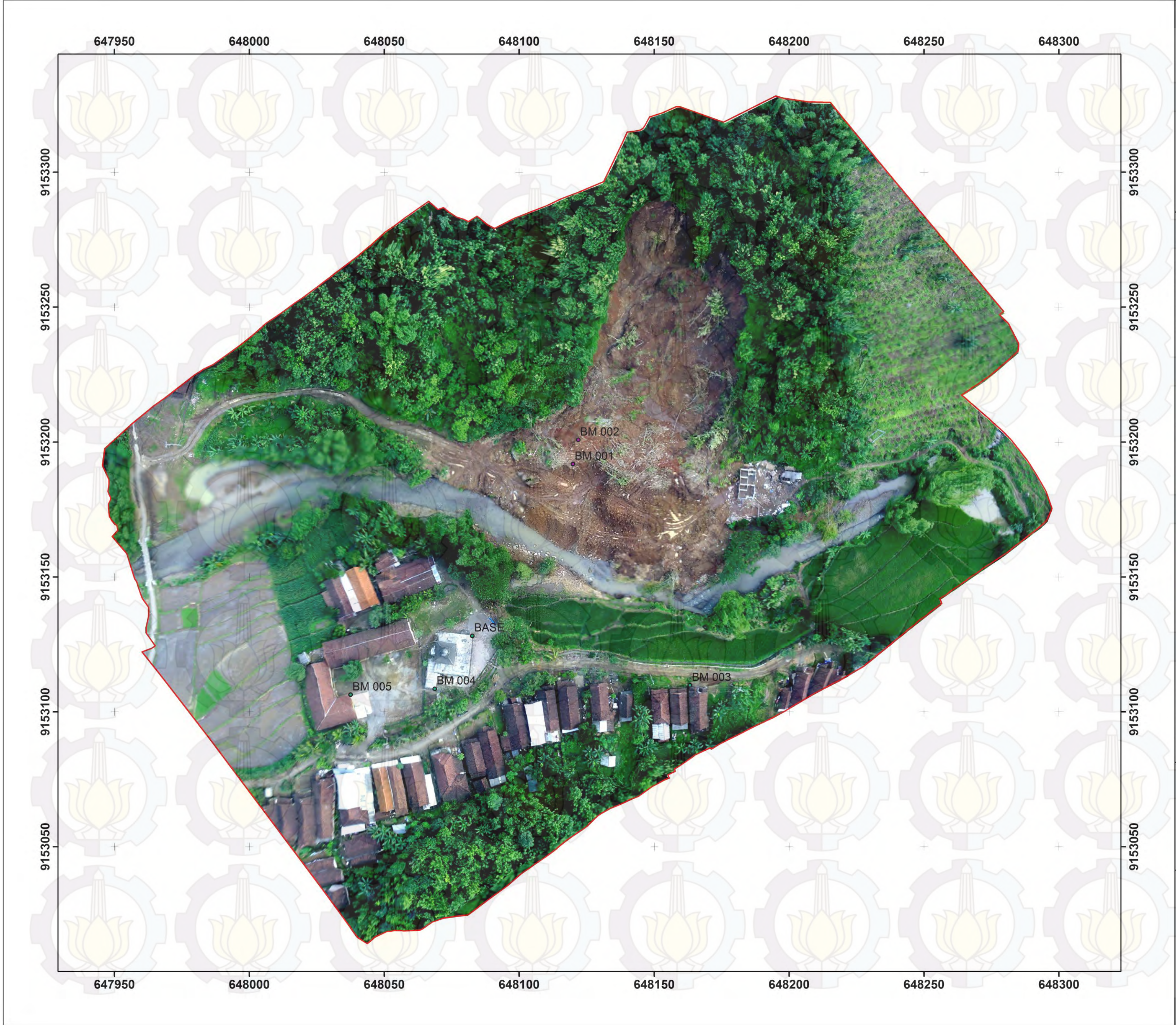


IMG_0081





“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PETA DAERAH BENCANA LONGSOR DESA NGRIMBI, KABUPATEN JOMBANG DENGAN UAV-PHOTOGRAMMETRY

Skala 1:1.000

Keterangan :

Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator
Datum : World Geodetic System 1984
Satuan : Meter
Tgl. Pemotretan : 12 Februari 2014

Legenda :

- Titik BM
- GCP
- Batas Pengambilan Data Foto
- Daerah Longsor
- Sungai
- Pohon
- Sawah
- Bangunan
- Masjid

Tabel Titik BM

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BM 001	9153191,402	648123,283	125,996	TITIK TS 1
BM 002	9153201,676	648128,231	126,966	TITIK TS 2

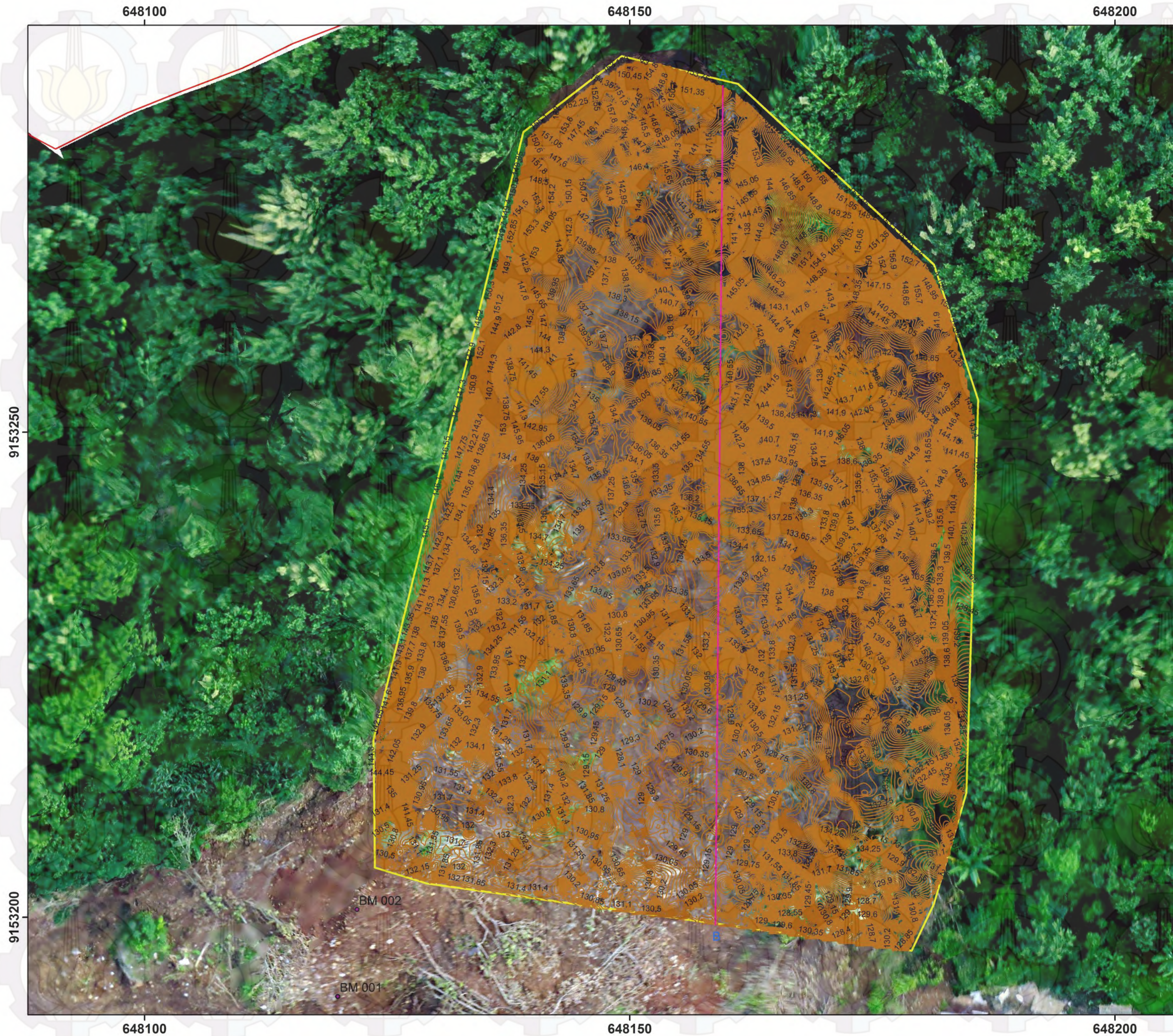
Tabel Titik GCP

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BASE	9153136,352	648068,402	122,325	Masjid
BM 003	9153094,941	648138,961	125,433	Rumah Penduduk
BM 004	9153121,707	648049,012	122,514	Kamar Mandi Masjid
BM 005	9153129,140	648018,297	121,787	Sekolah

Dibuat Oleh :
Riski Aziz Zayd
3510 100 013

Dosen Pembimbing :
Agung Budi C, ST, MSc, DEA
1969 0520 199903 1 002

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



PETA KONTUR
DAERAH BENCANA LONGSOR
DESA NGRIMBI, KABUPATEN JOMBANG
DENGAN UAV-PHOTOGRAMMETRY

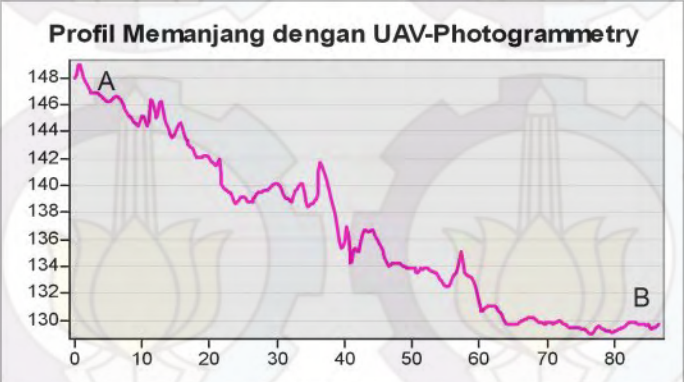


Keterangan :

Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator
Datum : World Geodetic System 1984
Satuan : Meter
Tgl. Pemotretan : 12 Februari 2014

Legenda :

- Titik BM
- Interval Kontur 0,5 Meter
- Batas Pengambilan Data Foto
- Batas Pengukuran Volume
- Garis Profil Memanjang
- Daerah Longsor
- Sungai
- Pohon
- Sawah
- Bangunan
- Masjid



Tabel Titik BM				
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BM 001	9153191,402	648123,283	125,996	TITIK TS 1
BM 002	9153201,676	648128,231	126,966	TITIK TS 2

Dibuat Oleh :
Riski Aziz Zayd
3510 100 013

Dosen Pembimbing :
Agung Budi C, ST, MSc, DEA
1969 0520 199903 1 002

PETA KONTUR
DAERAH BENCANA LONGSOR
DESA NGRIMBI, KABUPATEN JOMBANG
DENGAN TOTAL STATION

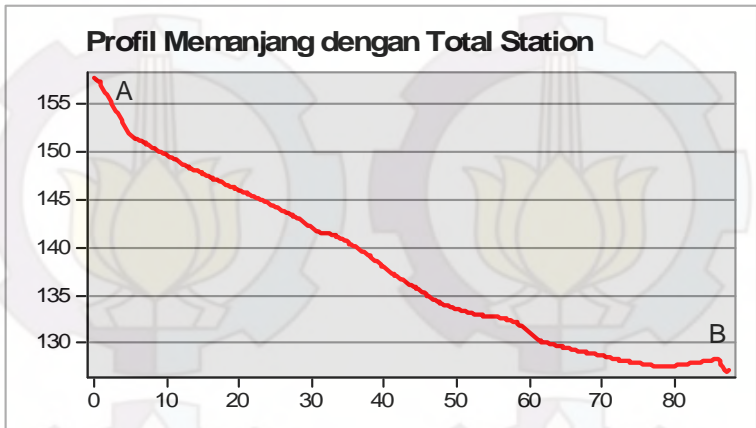


Keterangan :

Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator
Datum : World Geodetic System 1984
Satuan : Meter
Tgl. Pemotretan : 26 April 2014

Legenda :

- Titik BM
- Interval Kontur 0,15 Meter
- Batas Pengukuran Volume
- Garis Profil Memanjang



Tabel Titik BM

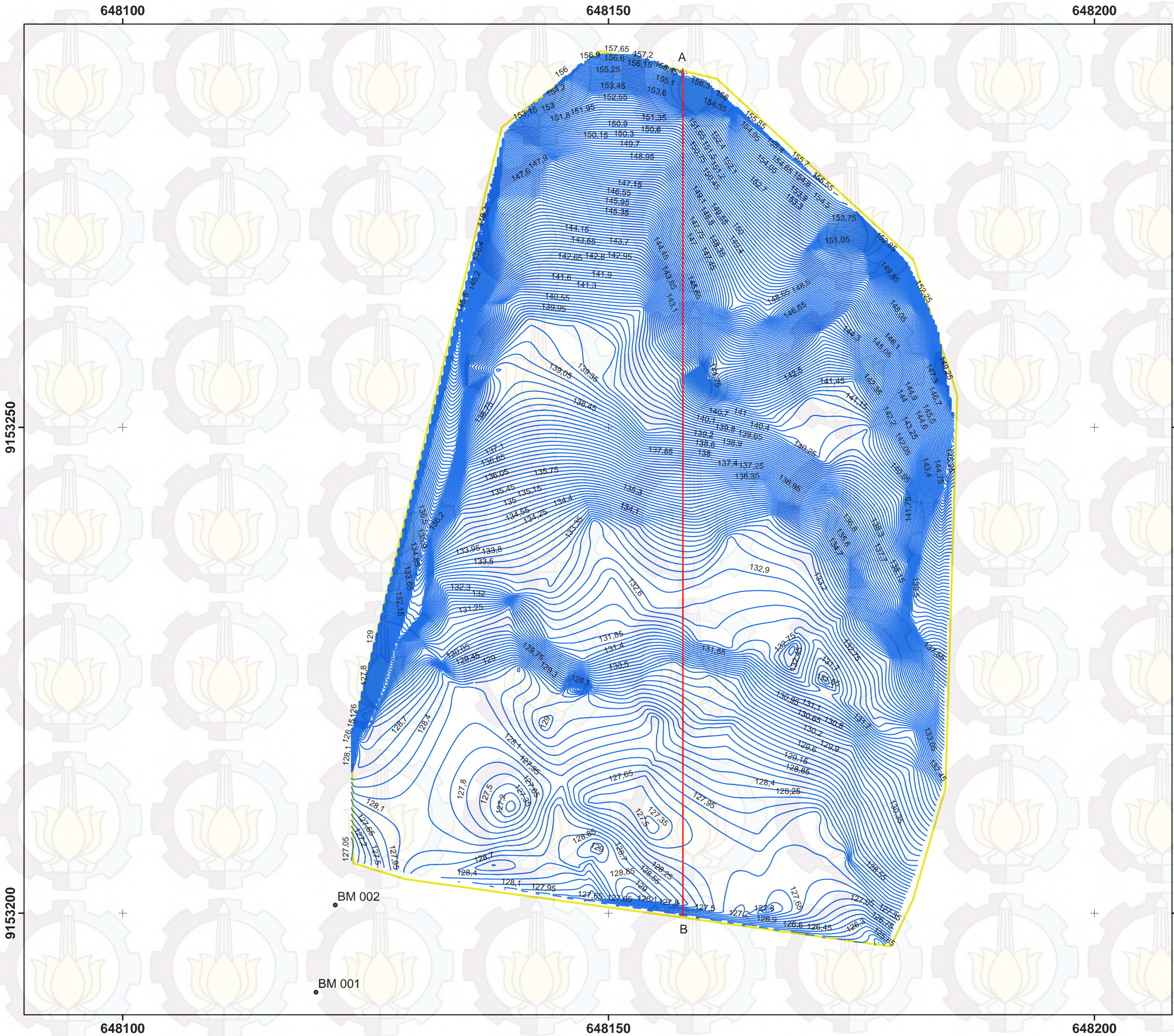
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Notes
BM 001	9153191,402	648123,283	125,996	TITIK TS 1
BM 002	9153201,676	648128,231	126,966	TITIK TS 2

Dibuat Oleh :
Riski Aziz Zayd
3510 100 013

Dosen Pembimbing :
Agung Budi C, ST, MSc, DEA
1969 0520 199903 1 002



JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Gresik pada 10 April 1992, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Sejak lahir penulis beragama Islam. Latar belakang pendidikan penulis sebelum menyelesaikan tingkat pendidikan S1 ialah menempuh pendidikan di SD Muhammadiyah GKB, SMP Muhammadiyah 12 Gresik, SMAN 1 Gresik. Terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS pada tahun 2010. Pada jenjang pendidikan SMP, penulis aktif dalam kegiatan internal sekolah bergabung pada IPM (Ikatan Pemuda Muhammadiyah). Ketika SMA, penulis aktif dalam kegiatan keolahragaan seperti futsal. Selama menjadi mahasiswa, penulis sering berkontribusi dalam beberapa kegiatan kepanitiaan yang diadakan HIMAGE-ITS. Serta menjadi bagian dalam kepengurusan HIMAGE-ITS. Pada tahun pertama kepengurusan masuk sebagai staff di Divisi GIS (*Geomatic Islamic Study*) dan tahun kedua bergabung di Departemen DAGRI (Departemen Dalam Negeri). Penulis juga aktif mengikuti pelatihan dalam lingkup kampus diantaranya adalah Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Pra Dasar (LKMM Pra-TD 2010), Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar (LKMM TD).

email: kriskiaziz@gmail.com